

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

**MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

جامعة فرحات عباس – سطيف

**UNIVERSITE FERHAT ABBAS – SETIF**

**MEMOIRE**

**Présenté à la Faculté des sciences**

**Département de Biologie**

Pour l'obtention du diplôme de

**MAGISTER**

**En biologie et physiologie végétale**

Option : Valorisation des ressources végétales

Par :

**Mr. BENMEDDOUR TAREK**

Thème :

**Etude du pouvoir allélopathique de l'Harmel  
(*Peganum harmala* L.), le laurier rose (*Nerium oleander*  
L.) et l'ailante (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swing.) sur la  
germination de quelques mauvaises herbes des céréales**

Soutenu le : .../.../ .....

Devant le jury :

Président :	Mr. HAFSI MILOUD	Maître de conférences	Université Setif
Promoteur :	Mr. FENNI MOHAMED	Professeur	Université Setif
Examineurs :	Mr. BENMAHAMMED AMOR	Maître de conférences	Université Setif
	Mr. RAMDHANI MESSAOUD	Maître de conférences	Université Setif

Année Universitaire : 2009 – 2010

MEMOIRE  
de  
**MAGISTER**

**En biologie et physiologie végétale**

Option : Valorisation des ressources végétales

Présenté par :

**Mr. BENMEDDOUR TAREK**

Thème :

**Etude du pouvoir allélopathique de l'Harmel  
(*Peganum harmala* L.), le laurier rose (*Nerium oleander*  
L.) et l'ailante (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swing.) sur la  
germination de quelques mauvaises herbes des céréales**

## ***Remerciements***

*J'exprime mes profonds remerciements à mon directeur de thèse, le professeur Mohammed Fenni pour l'aide compétente qu'il m'a apportée, pour sa patience et son encouragement.*

*J'exprime ma gratitude aux membres de mon jury de thèse : monsieur Mouloud Hafsi et Amor Ben Mouhammed, maîtres de conférences au département d'agronomie – université de Sétif et Monsieur Messaoud Ramdhani, maître de conférence au département de biologie – université de Sétif. Je remercie également Mr Adel Chaker Nadjb, professeur au département de biologie – université de Sétif, entant que chef de projet de cette formation de magister.*

*Je remercie ma femme et ma mère pour leurs sacrifices et encouragements. Je tiens à remercier également mon neveu Farouk pour son aide.*

*D'autres personnes m'ont encouragé à finir ce travail par des gestes d'amitié dont je suis reconnaissant.*

*L'aboutissement de cette thèse a aussi été encouragé par de nombreuses discussions avec des collègues de disciplines variées. Je ne citerai pas de noms ici, pour ne pas en oublier certains.*

*Tarek*

## Résumé

La présence des adventices dans un champ de céréale est nuisible à plusieurs titres. La découverte d'un herbicide naturel peu réduire les impacts préjudiciables à l'environnement. Dans le but de rechercher des produits naturels d'origine végétale qui peuvent avoir une action herbicide, nous avons choisie trois espèces végétales (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swing., *Nerium oleander* L. et *Peganum harmala* L.) pour tester leurs potentiel allélopathique sur la germination des graines et le développement des plantules des principales mauvaises herbes des cultures des céréales. Trois extraits de différentes concentrations (1%, 3% et 5%) sont préparés à partir des feuilles de chaque espèce. Nous avons testé ces extraits sur 11 espèces de mauvaises herbes et 2 variétés de blé dur (Bousselam et Waha) à une température de  $22,5^{\circ}\text{C} \pm 1$ . L'effet inhibiteur de ces extraits se manifeste beaucoup plus sur le développement des plantules, surtout sur les racines. L'inhibition augmente lorsque la concentration des extraits augmente, cette augmentation n'est pas proportionnellement similaire pour les 3 espèces. Les extraits de *P. harmala* sont les plus inhibiteurs.

**Mots clés :** Allélopathie, *Peganum harmala*, *Nerium oleander*, *Ailanthus altissima*, inhibition, germination, extrait.

## ملخص

تتسبب الأعشاب الضارة في الكثير من التأثيرات السلبية على محاصيل الحبوب. إن اكتشاف المبيدات الطبيعية والتقليل من استعمال المبيدات الكيماوية يساهم في الحفاظ على البيئة. الهدف من هذه الدراسة هو البحث عن مواد طبيعية ذات أصل نباتي يمكن استعمالها كمبيدات للأعشاب الضارة، لذلك اخترنا ثلاثة أنواع من النباتات ( *Nerium oleander* L. ، *Peganum harmala* L. و *Ailanthus altissima* (Mill.) Swing. ) لغرض دراسة مفعولها الأليلوباتي على انتاش البذور ونمو نبيتات بعض الأعشاب الضارة الأساسية في حقول الحبوب. تم تحضير ثلاثة مستخلصات مختلفة التراكيز ( 1 % ، 3 % و 5 % ) من أوراق كل نوع نباتي وتم تجريب مفعولها في درجة حرارة  $22^{\circ}\text{C} \pm 1$  على 11 نوع من الأعشاب الضارة و صنفين من القمح الصلب ( Bousselam و Waha ). يظهر تأثير المستخلصات على نمو النبيتات أكثر منه على إنتاش البذور وخاصة على الجزء الجذري و يزداد تأثيرها كلما زاد التركيز، هذه الزيادة ليست متماثلة بالنسبة للأنواع النباتية الثلاثة. مستخلصات *P. harmala* كانت الأكثر فعالية.

**الكلمات الدالة :** Allélopathie ، *Peganum harmala* ، *Nerium oleander* ، *Ailanthus altissima* ، inhibition ، germination ، extrait.

# SOMMAIRE

<b>Liste des abréviations</b> .....	i
<b>Liste des tableaux</b> .....	ii
<b>Liste des figures</b> .....	iv
<b>Liste des photos</b> .....	vi
<b>INTRODUCTION GENERALE</b> .....	1
<b>Chapitre 1. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE</b>	
<b>1.1. Définition de l'allélopathie</b> .....	3
<b>1.2. Les substances allélopathiques ou allélochimiques</b> .....	4
1.2.1. Généralités sur les allélochimiques .....	4
1.2.2. Les effets des allélochimiques sur les plantes .....	5
1.2.3. La synthèse des allélochimiques est affectée par les stress environnementaux .....	6
1.2.4. Les allélochimiques dans les différents organes de la plantes .....	6
1.2.5. Signification écologique des substances allélochimiques .....	7
1.2.5.1. Dans les écosystèmes naturels .....	7
1.2.5.2. Dans les essais biologiques .....	9
1.2.6. Modes d'action des composés allélochimiques .....	9
<b>1.3. Quelques exemples d'expériences sur les plantes allélopathiques</b> .....	11
1.3.1. Les plantes toxiques .....	11
1.3.2. Les plantes médicinales .....	11
1.3.3. Les plantes cultivées .....	12
1.3.4. Les grands arbres .....	13
<b>1.4. L'allélopathie et la lutte contre les mauvaises herbes</b> .....	13
<b>1.5. Un exemple pratique de l'allélopathie</b> .....	15
<b>1.6. Les contraintes de l'allélopathie</b> .....	15
<b>Chapitre 2. MATERIEL ET METHODES</b>	
<b>2.1. Récolte et préparation du matériel végétal</b> .....	17
2.1.1. Les espèces allélopathiques .....	17
2.1.1.1. La récolte .....	17
2.1.1.2. Préparation du matériel végétal .....	18
2.1.1.2.1. Le séchage .....	18
2.1.1.2.2. Le broyage .....	18
2.1.2. Récolte des graines des mauvaises herbes .....	19
<b>2.2. L'expérimentation au laboratoire</b> .....	20
2.2.1. La préparation des extraits .....	20
2.2.1.1. Agitation .....	21
2.2.1.2. Décantation et filtration .....	21

2.2.2. Les tests de germination .....	21
2.2.2.1. Les tests préliminaires de germination .....	22
2.2.2.2. Les tests finaux de germination .....	23
2.2.2.2.1. Incubation .....	23
2.2.2.2.3. Suivie de germination et notation .....	23
2.2.2.2.3.1. Détermination des pourcentages de germination .....	23
2.2.2.2.3.2. Mesures des longueurs des racines et des parties aériennes ...	26
<b>2.3. Analyse statistique des données .....</b>	<b>28</b>
<b>Chapitre 3. RESULTATS ET DISCUSSION .....</b>	<b>.....</b>
<b>3.1. Effet des différents extraits sur chaque espèce adventices et variété de blé .....</b>	<b>30</b>
3.1.1. L'effet des différents extraits sur les espèces adventices .....	30
3.1.1.1. Effet sur la folle avoine ( <i>Avena sterilis</i> L.) .....	30
3.1.1.2. Effet sur le brome de Madrid ( <i>Bromus madritensis</i> L.) .....	32
3.1.1.3. Effet sur la passeraie drave ( <i>Cardaria draba</i> (L.) Desv.) .....	32
3.1.1.4. Effet sur la camomille brunâtre ( <i>Chamaemelum fuscum</i> (Brot.) Vasc.)	34
3.1.1.5. Effet sur la roquette bâtarde ( <i>Hirschfeldia incana</i> (L.) Lagr.-Foss.) .....	36
3.1.1.6. Effet sur l'orge des rats ( <i>Hordeum murinum</i> L.) .....	39
3.1.1.7. Effet sur la bassie à balais ( <i>Kochia scoparia</i> (L.) Schrad.) .....	41
3.1.1.8. Effet sur la luzerne orbiculaire ( <i>Medicago orbicularis</i> (L.) Bartal.) .....	41
3.1.1.9. Effet sur le chardon-Marie ( <i>Silybum marianum</i> (L.) Gaertn.) .....	43
3.1.1.10. Effet sur la vaccaire d'Espagne ( <i>Vaccaria hispanica</i> (Mill.) Rausch.) .....	45
3.1.1.11. Effet sur la vesce commune ( <i>Vicia sativa</i> L.) .....	47
3.1.2. Effet sur les variétés de blé dur .....	50
3.1.2.1. Effet sur le blé dur ( <i>Triticum durum</i> Desf.) variété Bousselam .....	50
3.1.2.2. Effet sur le blé dur ( <i>Triticum durum</i> Desf.) variété Waha .....	50
<b>3.2. La comparaison entre toutes les espèces (adventices et variétés de blé) .....</b>	<b>54</b>
3.2.1. L'effet des extraits de <i>Peganum harmala</i> .....	54
3.2.1.1. A la concentration 1 % .....	54
3.2.1.2. A la concentration 3 % .....	56
3.2.1.3. A la concentration 5 % .....	56
3.2.2. L'effet des extraits de <i>Nerium oleander</i> .....	56
3.2.2.1. A la concentration 1 % .....	56
3.2.2.2. A la concentration 3 % .....	58
3.2.2.3. A la concentration 5 % .....	58
3.2.3. L'effet des extraits d' <i>Ailanthus altissima</i> .....	58
3.2.3.1. A la concentration 1 % .....	58
3.2.3.2. A la concentration 3 % .....	60
3.2.3.3. A la concentration 5 % .....	60
<b>3.3. Discussion .....</b>	<b>63</b>
<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>68</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>71</b>
<b>Références bibliographique .....</b>	<b>79</b>
<b>Résumés .....</b>	<b>4<sup>ème</sup> de la couverture</b>

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

**Ang.** : Anglais.

**ANOVA** : Ang. ANalysis Of Variance

**IG** : Inhibition de la germination.

**ILPA** : Inhibition de la longueur de la partie aérienne

**ILR** : Inhibition de la longueur de la racine.

**LPA** : Longueur de la partie aérienne.

**LR** : Longueur de la racine.

**PG** : Pourcentage de germination.

**ITGC** : Institut Technique des Grandes Cultures

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1.</b> Effet des extraits de <i>Peganum harmala</i> L., <i>Nerium oleander</i> L. et <i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swing. sur la longueur de la racine (LR), la longueur de la partie aérienne (LPA) et le pourcentage de germination (PG) d' <i>Avena sterilis</i> L.....	31
<b>Tableau 2.</b> Effet des extraits d'harmale, laurier rose et d'ailante sur la longueur de la racine (LR), la longueur de la partie aérienne (LPA) et le pourcentage de germination (PG) de <i>Bromus madritensis</i> L. ....	33
<b>Tableau 3.</b> Effet des extraits de <i>Peganum harmala</i> L., <i>Nerium oleander</i> L. et <i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swing. sur la longueur de la racine (LR), la longueur de la partie aérienne (LPA) et le pourcentage de germination (PG) de <i>C. draba</i> (L.) Desv.....	35
<b>Tableau 4.</b> Effet des extraits de <i>Peganum harmala</i> L., <i>Nerium oleander</i> L. et <i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swing. sur la longueur de la racine (LR), la longueur de la partie aérienne (LPA) et le pourcentage de germination (PG) de <i>Chamaemelum fuscatum</i> (Brot.) Vasc.....	37
<b>Tableau 5.</b> Effet des extraits de <i>Peganum harmala</i> L., <i>Nerium oleander</i> L. et <i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swing. sur la longueur de la racine (LR), la longueur de la partie aérienne (LPA) et le pourcentage de germination (PG) de <i>H. incana</i> (L.) Lagr. Foss. ....	38
<b>Tableau 6.</b> Effet des extraits de <i>Peganum harmala</i> L., <i>Nerium oleander</i> L. et <i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swing. sur la longueur de la racine (LR), la longueur de la partie aérienne (LPA) et le pourcentage de germination (PG) d' <i>Hordeum murinum</i> L. ....	40
<b>Tableau 7.</b> Effet des extraits de <i>Peganum harmala</i> L., <i>Nerium oleander</i> L. et <i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swing. sur le pourcentage de germination (PG), la longueur de la racine (LR) et la longueur de la partie aérienne (LPA) de <i>Kochia scoparia</i> (L.) Schrad.....	42
<b>Tableau 8.</b> Effet des extraits de <i>Peganum harmala</i> L., <i>Nerium oleander</i> L. et <i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swing. sur la longueur de la racine (LR), la longueur de la partie aérienne (LPA) et le pourcentage de germination (PG) de <i>Medicago orbicularis</i> (L.) Bartal.....	44
<b>Tableau 9.</b> Effet des extraits de <i>Peganum harmala</i> L., <i>Nerium oleander</i> L. et <i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swing. sur la longueur de la racine (LR), la longueur de la partie aérienne (LPA) et le pourcentage de germination (PG) de <i>Silybum marianum</i> (L) Gaertn.....	46
<b>Tableau 10.</b> Effet des extraits de <i>Peganum harmala</i> L., <i>Nerium oleander</i> L. et <i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swing. sur la longueur de la racine (LR), la longueur de la partie aérienne (LPA) et le pourcentage de germination (PG) de <i>V. hispanica</i> (Mill.) Rausch.....	48
<b>Tableau 11.</b> Effet des extraits de <i>Peganum harmala</i> L., <i>Nerium oleander</i> L. et <i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swing. sur la longueur de la racine (LR), la longueur de la partie aérienne (LPA) et le pourcentage de germination (PG) de <i>Vicia sativa</i> L.....	49

<b>Tableau 12.</b> Effet des extraits de <i>Peganum harmala</i> L., <i>Nerium oleander</i> L. et <i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swing. sur la longueur de la racine (LR), la longueur de la partie aérienne (LPA) et le pourcentage de germination (PG) du blé dur Bousselam. ....	51
<b>Tableau 13.</b> Effet des extraits de <i>Peganum harmala</i> L., <i>Nerium oleander</i> L. et <i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swing. sur la longueur de la racine (LR), la longueur de la partie aérienne (LPA) et le pourcentage de germination (PG) du blé dur variété Waha.....	53
<b>Tableau 14.</b> ANOVA pour <i>Avena sterilis</i> L. ....	74
<b>Tableau 15.</b> ANOVA pour <i>Bromus madritensis</i> L. ....	74
<b>Tableau 16.</b> ANOVA pour <i>Cardaria draba</i> (L.) Desv. ....	75
<b>Tableau 17.</b> ANOVA pour <i>Chamaemelum fuscatum</i> (Brot.) Vesc. ....	75
<b>Tableau 18.</b> ANOVA pour <i>Hirschfeldia incana</i> Lagr. Foss. ....	75
<b>Tableau 19.</b> ANOVA pour <i>Hordeum murinum</i> L. ....	76
<b>Tableau 20.</b> ANOVA pour <i>Kochia scoparia</i> (L.) Schrad. ....	76
<b>Tableau 21.</b> ANOVA pour <i>Medicago orbicularis</i> (L.) Bartal. ....	76
<b>Tableau 22.</b> ANOVA pour <i>Sylibum marianum</i> (L.) Gaertn. ....	77
<b>Tableau 23.</b> ANOVA pour <i>Vaccaria hispanica</i> (mill) Rausch. ....	77
<b>Tableau 24.</b> ANOVA pour <i>Vicia sativa</i> L. ....	77
<b>Tableau 25.</b> ANOVA pour Blé dur <i>Triticum durum</i> Desf. variété Bousselam. ....	78
<b>Tableau 26.</b> ANOVA pour Blé dur <i>Triticum durum</i> Desf. variété Waha. ....	78

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1.</b> Effet inhibiteur des extraits de <i>P. harmala</i> L., <i>N. oleander</i> L. et <i>A. altissima</i> (Mill.) Swing. aux concentrations 1 %, 3 % et 5 % sur la germination (IG), la longueur de la racine (ILR) et la longueur de la partie aérienne (ILPA) d' <i>A. sterilis</i> L.....	31
<b>Figure 2.</b> Effet inhibiteur des extraits de <i>P. harmala</i> L., <i>N. oleander</i> L. et <i>A. altissima</i> (Mill.) Swing. aux concentrations 1 %, 3 % et 5 % sur la germination (IG), la longueur de la racine (ILR) et la longueur de la partie aérienne (ILPA) de <i>Bromus madritensis</i> L.....	33
<b>Figure 3.</b> Effet inhibiteur des extraits de <i>P. harmala</i> L., <i>N. oleander</i> L. et <i>A. altissima</i> (Mill.) Swing. aux concentrations 1 %, 3 % et 5 % sur la germination (IG), la longueur de la racine (ILR) et la longueur de la partie aérienne (ILPA) de <i>Cardaria draba</i> (L.) Desv.....	35
<b>Figure 4.</b> Effet inhibiteur des extraits de <i>P. harmala</i> L., <i>N. oleander</i> L. et <i>A. altissima</i> (Mill.) Swing. aux concentrations 1 %, 3 % et 5 % sur la la germination (IG), longueur de la racine (ILR) et la longueur de la partie aérienne (ILPA) de <i>C. fuscatum</i> (Brot.) Vasc.....	37
<b>Figure 5.</b> Effet inhibiteur des extraits de <i>P. harmala</i> L., <i>N. oleander</i> L. et <i>A. altissima</i> (Mill.) Swing. aux concentrations 1 %, 3 % et 5 % sur la germination (IG), la longueur de la racine (ILR) et la longueur de la partie aérienne (ILPA) de <i>H. incana</i> (L.) Lagr. Foss.....	38
<b>Figure 6.</b> Effet inhibiteur des extraits de <i>P. harmala</i> L., <i>N. oleander</i> L. et <i>A. altissima</i> (Mill.) Swing. aux concentrations 1 %, 3 % et 5 % sur la germination (IG), la longueur de la racine (ILR) et la longueur de la partie aérienne (ILPA) de <i>Hordeum murinum</i> L.....	40
<b>Figure 7.</b> Effet inhibiteur des extraits de <i>P. harmala</i> L., <i>N. oleander</i> L. et <i>A. altissima</i> (Mill.) Swing. aux concentrations 1 %, 3 % et 5 % sur la germination (IG), la longueur de la racine (ILR) et la longueur de la partie aérienne (ILPA) de <i>Kochia scoparia</i> (L.) Schrad.....	42
<b>Figure 8.</b> Effet inhibiteur des extraits de <i>P. harmala</i> L., <i>N. oleander</i> L. et <i>A. altissima</i> (Mill.) Swing. aux concentrations 1 %, 3 % et 5 % sur la germination (IG), la longueur de la racine (ILR) et la longueur de la partie aérienne (ILPA) de <i>Medicago orbicularis</i> (L.) Bortal.....	44
<b>Figure 9.</b> Effet inhibiteur des extraits de <i>P. harmala</i> L., <i>N. oleander</i> L. et <i>A. altissima</i> (Mill.) Swing. aux concentrations 1 %, 3 % et 5 % sur la germination (IG), la longueur de la racine (ILR) et la longueur de la partie aérienne (ILPA) de <i>Silybum marianum</i> (L) Gaertn.....	46
<b>Figure 10.</b> Effet inhibiteur des extraits de <i>P. harmala</i> L., <i>N. oleander</i> L. et <i>A. altissima</i> (Mill.) Swing. aux concentrations 1 %, 3 % et 5 % (sur la germination (IG), la longueur de la racine (ILR) et la longueur de la partie aérienne (ILPA) de <i>Vaccaria hispanica</i> (Mill.) Rausch.....	48
<b>Figure 11.</b> Effet inhibiteur des extraits de <i>P. harmala</i> L., <i>N. oleander</i> L. et <i>A. altissima</i> (Mill.) Swing. aux concentrations 1 %, 3 % et 5 % sur la germination (IG), la longueur de la racine (ILR) et la longueur de la partie aérienne (ILPA) de <i>Vicia sativa</i> L.....	49
<b>Figure 12.</b> Effet inhibiteur des extraits de <i>P. harmala</i> L., <i>N. oleander</i> L. et <i>A. altissima</i> (Mill.) Swing. aux concentrations 1 %, 3 % et 5 % sur la longueur de la racine (ILR), la longueur de la partie aérienne (ILPA) et la germination (IG) du blé dur Bousselam.....	51

<b>Figure 13.</b> Effet inhibiteur des extraits de <i>P. harmala</i> L., <i>N. oleander</i> L. et <i>A. altissima</i> (Mill.) Swing. aux concentrations 1 %, 3 % et 5 % sur la longueur de la racine (ILR), la longueur de la partie aérienne (ILPA) et la germination (IG) du blé dur variété Waha.....	53
<b>Figure 14.1.</b> Effet de l'extrait de <i>P. harmala</i> 1 % sur la germination (IG), la longueur de la racine (ILR) et la longueur de la partie aérienne (ILPA) des espèces adventices et variétés de blé .....	55
<b>Figure 14.2.</b> Effet de l'extrait de <i>P. harmala</i> 3 % sur la germination (IG), la longueur de la racine (ILR) et la longueur de la partie aérienne (ILPA) des espèces adventices et variétés de blé .....	55
<b>Figure 14.3.</b> Effet de l'extrait de <i>P. harmala</i> 5 % sur la germination (IG), la longueur de la racine (ILR) et la longueur de la partie aérienne (ILPA) des espèces adventices et variétés de blé.....	57
<b>Figure 15.1.</b> Effet de l'extrait de <i>N. oleander</i> 1 % sur la germination (IG), la longueur de la racine (ILR) et la longueur de la partie aérienne (ILPA) des espèces adventices et variétés de blé. ....	57
<b>Figure 15.2.</b> Effet de l'extrait de <i>N. oleander</i> 3 % sur la germination (IG), la longueur de la racine (ILR) et la longueur de la partie aérienne (ILPA) des espèces adventices et variétés de blé. ....	59
<b>Figure 15.3.</b> Effet de l'extrait de <i>N. oleander</i> 5 % sur la germination (IG), la longueur de la racine (ILR) et la longueur de la partie aérienne (ILPA) des espèces adventices et variétés de blé. ....	59
<b>Figure 16.1.</b> Effet de l'extrait d' <i>A. altissima</i> 1 % sur la germination (IG), la longueur de la racine (ILR) et la longueur de la partie aérienne (ILPA) des espèces adventices et variétés de blé. ....	61
<b>Figure 16.2.</b> Effet de l'extrait d' <i>A. altissima</i> 3 % sur la germination (IG), la longueur de la racine (ILR) et la longueur de la partie aérienne (ILPA) des espèces adventices et variétés de blé. ....	61
<b>Figure 16.3.</b> Effet de l'extrait d' <i>A. altissima</i> 5 % sur la germination (IG), la longueur de la racine (ILR) et la longueur de la partie aérienne (ILPA) des espèces adventices et variétés de blé .....	62

## LISTE DES PHOTOS

<b>Photo 1.</b> Teste de germination de <i>Silybum marianum</i> avec l'extrait de <i>N. oleander</i> 5 % avant l'incubation. ....	24
<b>Photo 2.</b> Teste de germination d' <i>Avena sterilis</i> avec l'extrait d' <i>A. altissima</i> 5% avant l'incubation. ....	24
<b>Photo 3.</b> Des graines de Blé dur Boussellam traitées par l'extrait de <i>N. oleander</i> 5% après 2 jours d'incubation. ....	25
<b>Photo 4.</b> Des graines de <i>Silybum marianum</i> traitées par l'extrait de <i>N. oleander</i> 5% après 2 jours d'incubation. ....	25
<b>Photo 5.</b> Mesure de la longueur de la racine et de la partie aérienne d'une plantule de <i>Chamaemelum fuscatum</i> traitée par l'eau distillée. ....	27
<b>Photo 6.</b> Mesure de la longueur de la racine et de la partie aérienne des plantules de <i>Cardaria draba</i> traitées par l'extrait des feuilles de <i>P. harmala</i> 1%. ....	27
<b>Photo 6.</b> La rue sauvage ( <i>Peganum harmala</i> L.)	71
<b>Photo 7.</b> Le laurier rose ( <i>Nerium oleander</i> L.)	72
<b>Photo 8.</b> L'ailante ( <i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swing.)	73

## **INTRODUCTION GENERALE**

La présence des mauvaises herbes ou plantes adventices dans un champ de céréales peut être nuisible à plusieurs titres. La compétition pour l'eau, les éléments minéraux et la lumière, affecte directement la croissance de la culture et son rendement. L'infestation massive de ces mauvaises herbes gêne les outils de labour et de moisson et rendent la réussite de ces opérations problématique. Le mélange de graines de mauvaises herbes avec les graines de la céréale déprécie la qualité commerciale du produit récolté. Il convient donc de lutter efficacement contre les adventices des céréales (Ouattar et Ameziane, 1989). Les phénomènes de compétition entre les mauvaises herbes et les cultures interviennent également dans les pertes de rendement (Le Bourgeois et Merlier, 1995). La présence de ces mauvaises herbes affecte le rendement de l'ordre de 20 à 30 %. Ceci entraîne un déficit monétaire très important surtout dans les cultures céréalières (Hussain et *al.*, 2007).

Depuis les années cinquante, l'agriculture dépend de l'utilisation des herbicides et des pesticides pour éliminer les mauvaises herbes et assurer des rendements élevés. Les traits importants de la concurrence des mauvaises herbes n'étaient pas parmi les principales préoccupations des agriculteurs. En effet, les herbicides ont pris soin de détruire les mauvaises herbes en pratique agricole. L'application des agents chimiques pour le contrôle de celles-ci n'a donc cessé d'augmenter. Par conséquent, l'augmentation de l'utilisation d'un certain nombre de pesticides a eu des effets négatifs sur la santé humaine et sur l'environnement (Weih et *al.*, 2008).

La lutte biologique offre une approche alternative pour les ravageurs, les maladies et les mauvaises herbes en agriculture (Mason et Spanner, 2006 ; Bond et Grundy, 2001 ; Jordan, 1993). En revanche, l'application du contrôle biologique des mauvaises herbes s'est souvent révélé difficile en pratique (Müller-Schärer et *al.*, 2000).

L'allélopathie est considérée comme une technique prometteuse pour la lutte biologique (Lovett, 1991). C'est un ensemble d'interactions biochimiques directes ou indirectes, positives ou négatives d'une plante sur une autre (Macías et *al.*, 2007 ; Rice, 1974). Par contre, son contrôle des mauvaises herbes est controversé. En effet, les effets allélopathiques directs et la pertinence écologique est difficile à prouver (Inderjit, 2006 ; Inderjit et Weiner, 2001 ; Inderjit et Weston, 2000 ; Blum et *al.*, 1999 ; Inderjit et Keating, 1999). Néanmoins, l'allélopathie

présente des capacités élevées de la lutte contre les mauvaises herbes en conditions réelles (in-situ) (Olofsdotter, 2001).

Dans la littérature, plusieurs études ont montré que la capacité à supprimer les mauvaises herbes par une culture est très différentes (ou variable) d'une variété à une autre. Cette différence est expliquée en partie par la capacité de ces cultures à sécréter des substances chimique affectant la croissance des mauvaises herbes à savoir l'allélopathie (Olofsdotter et *al.*, 2002 ; Wu et *al.*, 2000). Sánchez-Moreiras et *al.* (2004) et Olofsdotter et *al.* (2002) ont expliqué que l'activité allélopathique est particulièrement élevée chez les céréales.

L'utilisation des herbicides à un effet nocif sur l'environnement. Cet effet à poussé les recherches vers des méthodes biologiques (approches éco-friendly) afin de lutter contre les mauvaises herbes. Dans cette optique, l'objectif de cette étude est de tester le pouvoir allélopathique des extraits aqueux de 3 espèces végétales, *Ailanthus altissima* (Mill.) Swing., *Nerium oleander* L. et *Peganum harmala* L. sur la germination des graines et le développement des plantules de onze adventices des céréales et deux variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) (Waha et Bousselam). Les démarches suivies dans ce travail de recherche sont expliquées dans les paragraphes suivants.

Le premier chapitre est consacré à la synthèse bibliographique. Cette synthèse rappelle les définitions de l'allélopathie et son utilisation dans la lutte contre les adventices des cultures.

Dans le deuxième chapitre ou chapitre matériel et méthodes, les données systématiques et biologiques sur le matériel végétal utilisé sont présentées. De plus, le matériel étudié et les méthodes suivies dans la réalisation de se travail son expliquées.

Les résultats obtenus sont présentés et discutés dans le troisième et le dernier chapitre.

## **Chapitre 1**

# **SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE**

## 1.1. DEFINITION DE L'ALLELOPATHIE

Le phénomène de l'allélopathie est connu depuis plus de 2000 ans (Rice, 1984). Ce phénomène consiste à l'interférence chimique d'une espèce végétale avec la germination, la croissance ou le développement d'autres espèces de plantes.

Le terme allélopathie a été présenté pour la première fois par Molisch en 1937. Ce terme est dérivé du mot grec «*allelo*» les uns des autres (Ang. of one another) et de «*patheia*» de souffrir (Ang. suffering) et indique l'effet préjudiciable de l'une sur l'autre, c'est à dire l'inhibition de la croissance d'une plante par une autre grâce à la production et la libération de substances chimiques toxiques dans l'environnement (Heisey, 1997).

Toutefois, le terme est généralement accepté pour couvrir à la fois des effets de stimulation et d'inhibition d'une plante sur une autre (Rice, 1984). Certains biologistes utilisent le terme dans un sens plus large, les entomologistes l'utilisent dans les interactions plante-insecte et les microbiologistes dans les interactions plante-microorganisme.

En 1996, la société internationale d'allélopathie (The International Allelopathy Society, IAS) définit l'allélopathie comme suit: «*Tout processus impliquant des métabolites secondaires produits par les plantes, micro-organismes, virus et champignons qui ont une incidence sur la croissance et le développement de l'agriculture et les systèmes biologiques (à l'exclusion des animaux), y compris les effets positifs et négatifs* » (Torres et *al.*, 1996).

Le terme allélopathie correspond selon Boullard (1997) au phénomène où certaines plantes supérieures sont capables de réagir biologiquement en présence d'autres espèces, il s'agit donc d'une interaction à distance entre végétaux pluricellulaires ou entre végétaux et champignons, liée à l'influence de métabolites d'une espèce sur une autre espèce.

Inderjit et *al.* (1999) ont utilisé le terme dans un sens plus large, de telle sorte que les substances libérées par les plantes affectent également d'autres composantes de l'environnement. Ils ont utilisé le terme «*interaction allélochimique* » qui englobe :

- l'allélopathie
- les effets des substances allélopathiques libérées par les plantes sur les facteurs abiotiques (inorganiques et organiques) et biotiques des sols

- la régulation de la production et la libération des substances allélopathiques par les composantes biotiques et abiotiques de l'écosystème.

L'allélopathie est définie par Delaveau (2001) en tant maladie (de pathos : maladie), elle signifie l'interaction des substances chimiques bio-synthétisées par une plante avec d'autres organismes. L'allélopathie selon Macheix *et al.* (2005) représente la compétition chimique qui peut exister entre des plantes de différentes espèces à l'intérieur d'une communauté végétale. Dans la suite de ce mémoire, le terme est utilisé conformément à la définition de Rice (1984).

## **1.2. LES SUBSTANCES ALLELOPATHIQUES OU ALLELOCHIMIQUES**

### **1.2.1. Généralités sur les allélochimiques**

La libération de substances organiques par divers végétaux peut se révéler toxique (Parry, 1982). Les substances chimiques synthétisés par les plantes allélopathiques qui exercent des influences sur d'autres plantes sont appelées allélochimiques (Ang. allelochemicals ou allelochemics). La plupart des allélochimiques sont classés comme des métabolites secondaires et produits dérivés de la principale voie métabolique de la plante. Souvent, leur fonctionnement dans la plante est inconnu. Cependant, certains allélochimiques sont également connus pour leurs fonctions structurelles (par exemple, comme intermédiaires de lignification) ou de jouer un rôle dans la défense contre les herbivores et les agents pathogènes des plantes (Corcuera, 1993 ; Niemeyer, 1988).

Selon Bounias (1999), le terme « substances allélochimiques » est parfois employé pour désigner également des alcaloïdes végétaux inhibiteurs de la croissance des parasites fongiques. Cependant, dans ce travail, ce terme est lié au problème particulier de la toxicité des substances végétales envers d'autres végétaux.

Les allélochimiques sont libérés dans l'environnement par l'exsudation racinaire, la lixiviation par la surface des différentes parties, la volatilisation et/ou par la décomposition des matières végétales (Rice, 1984).

### 1.2.2. Les effets des allélochimiques sur les plantes

L'exposition des plantes sensibles aux allélochimiques peut affecter leurs germination, leurs croissance et leurs développement. En effet, la germination des graines est alors retardée ou le développement des plantes est inhibé. Les variations morphologiques sont observées le plus souvent aux premiers stades de développement : des effets sur l'allongement de la tigelle et de la radicule (coléoptile et coléorhiz des poacées). Ces variations peuvent être observées aux stade post-levée sur le développement des pousses et des racines (Kruse *et al.*, 2000).

De nombreux métabolites secondaires peuvent participer à ces interférences. Un des exemples classiques concerne l'action inhibitrice qu'exerce le noyer (*Juglans nigra* L.) sur le développement de différentes espèces herbacées ou ligneuses. D'autres exemples concernent les plantes de milieux désertiques ou semi-désertiques, les feuilles de la plante buissonnante *Encelia farinosa* Gray ex Torr. produisent une toxine de nature phénolique qui inhibe la croissance des plantes annuelles et évite ainsi la compétition pour l'eau. De même, certains buissons ligneux relâchent des composés phénoliques hydrosolubles qui, en synergie avec des terpènes, bloquent tout développement de la couverture herbeuse jusqu'à une distance d'un ou deux mètres (Macheix *et al.*, 2005).

Bais *et al.* (2002) révèlent que la catechin (polyphénol), un composé d'exsudat de racine, a un large spectre d'activité herbicide. Ce composé est un produit naturel qui peut être utilisé comme un herbicide. Les travaux de Zeng *et al.* (2001) sur le pouvoir allélopathique d'*Aspergillus japonicus* Saito. indiquent que l'acide F-secalonic (SAF) a été l'allélochimique produit par ce champignon et le responsable de l'inhibition de la croissance des semis de sorgho (*Sorghum vulgare* Pers.), Bident Poilu (*Bidens pilosa* L.) et L'ergot de coq (*Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv.).

Sasikumar *et al.* (2001) ont identifié les composés allélochimiques dans les extraits de l'écorce et les feuilles de 4 espèces d'*Eucalyptus* (*E. tereticornis* Sm., *E. camaldulensis* Dehnh., *E. polycarpa* F. Muell *et E. microtheca* F. Muell), il s'agit alors des composées phénoliques (les acides : catechol, coumarique, ferulique, gallique, gentistique, hydroxybenzoïque, syringique et vanillique). La catechin et l'acide hydroxybenzoïque sont des molécules identifiées dans l'hydrolysate des frondes de la fougère femelle (*Athyrium filix-femina* (L.) Roth.), elles sont susceptible d'être responsables du retardement de la germination in vitro de l'épicéa (*Picea abies* (L.) Karst.) (Pellisier, 1993).

Il faut souligner la capacité des substances allélopathiques à rester actives dans le sol après la disparition de la végétation qui les a produites. L'allélopathie (contrairement à la compétition pour les ressources) peut continuer à influencer la croissance des semis même lorsque son origine n'existe plus (Timbal, 1994).

### **1.2.3. La synthèse des allélochimiques est affectée par les stress environnementaux**

La synthèse des substances allélopathiques, comme tous les métabolites secondaires, est très sensible aux facteurs de l'environnement, qu'ils soient de nature physique, chimique ou biologique. De plus, ces composés participent activement aux interactions de la plante avec son environnement, soit en jouant le rôle de signaux de reconnaissance vis-à-vis de certains micro-organismes, soit en lui permettant de résister à divers agressions, d'origine biologique ou non Macheix *et al.* (2005).

Plusieurs études ont vérifié les mécanismes des systèmes d'auto défense incluant l'allélopathie des plantes. Les plantes répondent aux stress environnementaux à travers des réactions biochimiques variées. Ce qui peut leur fournir une protection contre les agents causaux. Certains allélochimiques sont des substances antimicrobiennes produites uniquement après une blessure ou une attaque par des bactéries ou champignons (Raven *et al.*, 2003).

L'augmentation des composés allélopathiques phénoliques et terpenoïdes sous stress environnementaux est bien documentée. Par exemple, une élévation de la lumière UV-B induit l'accumulation de phénylpropanoïdes et des flavonoïdes dans différentes espèces de plantes comme le haricot (*Phaseolus vulgaris* L.), le persil (*Petroselinum crispum* (Mill.) Nyman ex A.W. Hill), la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.), la tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), le maïs (*Zea mays* L.), le seigle (*Secale cereale* L.), l'orge (*Hordeum vulgare* L.) et le riz (*Oryza sativa* L.) (Kim *et al.*, 2000 ; Ballaré *et al.*, 1995 ; Liu *et al.*, 1995).

### **1.2.4. Les allélochimiques dans les différents organes de la plantes**

Les allélochimiques sont généralement sécrétées par les racines. Cependant, ils sont également présents en quantités variables dans les tiges, les feuilles et les fruits (Bubel, 1988). Tous les principaux organes de la plante ont le potentiel de stocker les composés allélochimiques.

En tant que métabolites secondaires, les allélochimiques ne sont pas répartis dans tous les organes de la plante. Ils sont typiquement produits dans un organe, tissu ou type cellulaire spécifique à des stades particuliers du développement. Par exemple durant le développement de la fleur, du fruit, de la graine ou de la plantule). Les composés allélopathiques sont produits à différents endroits de la cellule et emmagasinés surtout dans les vacuoles. Ils sont souvent synthétisés dans une partie de la plante et stockés dans une autre. En outre leur concentration dans la plante varie souvent dans des grandes proportions au cours d'une période de 24 heures (Raven *et al.*, 2003).

### **1.2.5. Signification écologique des substances allélochimiques**

Les conséquences écologiques des différentes interactions plantes-environnement sont importantes d'une part à l'échelle restreintes d'un écosystème ou d'une niche écologique et d'autre part à plus grande échelle. Comme par exemple dans l'adaptation des végétaux à l'altitude et leur répartition. Ces différents aspects permettent de souligner l'importance des allélochimiques, qu'il soit constitutifs ou qu'ils s'accumulent à la suite de différents stressés. Ceux-ci jouent un rôle essentiel dans l'équilibre de la plante au sein de son milieu naturel et dans ses capacités d'adaptation (Macheix *et al.*, 2005).

Les exemples de phénomènes allélopathiques connus sont très nombreux. On les observe entre plantes-plantes tels que les plantes cultivées, les plantes spontanées ou encore entre ces deux catégories (Pousset, 2009). On les observe également entre plantes-insectes et entre plantes-microorganismes ou entre microorganismes-microorganismes.

#### **1.2.5.1. Dans les écosystèmes naturels**

Selon Friedman (1995), l'allélopathie est l'influence d'une espèce sur une autre. Ce phénomène survient dans des conditions naturelles et est exercée par des moyens chimiques autres que ceux nutritionnels.

Dans les forêts, la végétation adventice exerce des effets de concurrence sur les jeunes arbres au niveau des parties aériennes et des racines. Ceux-ci sont engendrés par l'exsudation de substances biochimiques inhibitrices de la germination ou du développement des jeunes plantes (Schütz, 1990).

Le sol est le réservoir principale des substances allélochimiques, ces substances sont libérées directement par les exsudats des racines ou par la décomposition de la matière

végétale. Celles-ci constituent la source majeure de substances allélochimiques dans la nature (Narwal, 2000). Les relations d'entraide ou d'exclusion ont le plus souvent pour origine des excréments racinaires. C'est ainsi que certaines fougères, ne poussent pas sous un noyer (*Juglans nigra* L.) et sous d'autres végétaux vasculaires, dont les racines libèrent très régulièrement un composé volatil toxique pour diverses espèces : la juglone (du nom latin des noyers 'juglans').

Dans l'atmosphère, lorsque les plantes du genre *Allium* L. sont attaquées par des insectes, elles émettent des composés soufrés volatils. Ces composés interviennent certainement dans les réactions de défense des Alliums contre les insectes ravageurs. Ces composés allélochimiques ont un très large spectre de toxicité sur les insectes. Cette toxicité est probablement la cause du non développement des insectes aux dépens des Allium et notamment du poireau (*Allium porrum* L.) (Dugravot et al., 2003).

Dans le milieu marin, il est indubitable qu'une compétition existe entre les différents organismes pour un ou plusieurs facteurs du milieu environnant. Il a été proposé que les phytotoxines des flagellés jouent un rôle dans cette compétition. Ainsi, de par leurs propriétés antibactériennes et antifongiques, certaines phytotoxines sont supposées permettre aux flagellées d'inhiber la croissance des bactéries et des champignons. L'allélopathie est l'aptitude à inhiber la croissance d'espèces algales concurrentes pour un ou plusieurs facteurs du milieu environnant. Cette inhibition peut être nécessaire lorsque, par exemple, la surface disponible s'avère être un facteur limitant majeur (Frémy et Lassus, 2001).

Dans la mer Baltique, *Aphanizomenon flos-aquae* **Ralfs ex born.** & Flah. et *Nodularia spumigena* Mertens sont les deux cyanobactéries les plus communes. L'abondance de ces bactéries se manifeste par la formation de bio filmes. Des substances allélopathiques libérées par ces bactéries diminuent l'abondance de certaines espèces de phytoplancton. Suikkanen et al. (2006) ont montré que les filtrats des deux cyanobactéries retardent considérablement la croissance de *Rhodomonas* sp. (une micro-algue marine) dans des essais en laboratoire. L'allélopathie est probablement l'une des stratégies concurrentielles des cyanobactéries par la médiation des allélochimiques spécifiques qui diminuent le nombre de cellules de certaines espèces de phytoplancton.

Pendant la saison estivale, les canaux d'irrigation en Égypte où se développe une algue verte (*Spirogyra* sp.) sont couverts d'un biofilme épais constitué principalement par une

cyanobactérie filamenteuse (*Oscillatoria agardhii* Gomont). Cette bactérie produit une toxine nommée la microcystine et ne se développe pas en l'absence de cette algue. Mohamed (2002) a montré - après avoir testé l'effet des extraits aqueux de *Spirogyra sp.* sur la croissance d'*O. agardhii* Gomont - que cette algue libère des substances allélochimiques qui stimulent la croissance et la production de toxines par *O. agardhii* Gomont dans les eaux douces.

#### **1.2.5.2. Dans les essais biologiques**

Le suivi de la germination des graines en réponse aux allélochimiques des microorganismes ou de végétaux a été souvent évaluée dans des boîtes de Pétri dans des conditions de laboratoire. L'allélopathie a été observée, in-vitro en présence de produits excrétés par certains flagellés sur des dinoflagellés ou sur d'autres microalgues (Paul et *al.*, 1997 ; Windust et *al.*, 1996). Cette approche a fourni une quantité énorme de données sur ce qu'on appelle le potentiel allélopathique d'une agression contre une espèce sensible.

Les plantes produisent et stockent une grande variété de métabolites secondaires, dont certaines fonctionnent principalement comme des agents de protection contre les organismes phytophages (Swain, 1977). La survenue de l'allélopathie dans des boîtes de Pétri peut parfois représenter un effet phytotoxique résultant du large spectre d'activité biologique de ces composés. Toutefois, ces effets ne se produisent pas nécessairement dans la nature.

#### **1.2.6. Modes d'action des composés allélochimiques**

Dans les interactions plantes-plantes, les substances allélochimiques ou chimio-allélopathiques sont généralement inhibiteurs de la croissance des racines, des tiges, des feuilles et de la croissance globale de la plante. Plusieurs composés sont des inhibiteurs de la germination.

Toutefois, l'allélopathie ne se manifeste que lorsque la quantité critique des composés allélochimiques atteint la plante ou la graine cible. Ainsi, l'effet allélopathique des différents organes des plantes agressives peut être différent selon les espèces végétales (Friedman, 1995).

Dans la plupart des cas, les effets négatifs de l'allélopathie conduisent à la mortalité ou à un blocage de la croissance. Dans le cas des Ericacées, en particulier de la callune vulgaire (*Calluna vulgaris* (L.) Hull), les composés émis, de nature phénolique, ralentissent la dégradation des litières et perturbent la nutrition azotée. Ils peuvent mettre en péril les plantations d'épicéas (*Picea spp.*) et d'autres résineux dans les stations les plus pauvres (Gama

et *al.*, 2006). Certains composés altèrent en outre la photosynthèse et le métabolisme mitochondriale. L'ensemble affecte le fonctionnement des stomates et interagit avec les phytohormones.

La sorgoleone est un exemple de composé végétal allélochimique qui présente une activité inhibitrice très spécifique. C'est un inhibiteur de la croissance des plantes en essais biologiques (Nimbal et *al.*, 1996). La sorgoleone possède probablement plusieurs modes d'action. Elle affecte les fonctions de réplication chloroplastiques, mitochondriales et cellulaires chez les plantes supérieures. Elle interrompt le transfert des électrons au sein du photosystème II elle peut perturber la respiration cellulaire, inhibe l'activité enzymatique en perturbant la biosynthèse des protéines et interrompt le cycle de réplication cellulaire (Meazza et *al.*, 2002 ; Czarnota et *al.*, 2001 ; **Gattás Hallak** et *al.*, 1999 ; Gonzalez et *al.*, 1997).

Bien que la sorgoleone soit un exemple de produits naturels avec plusieurs sites cibles qui ont récemment été bien caractérisée, peu d'informations sont disponibles sur les cibles moléculaires spécifiques de la plupart des composés allélochimiques (Upadhyaya et Blackshaw, 2007).

Macheix *et al.* (2005) ont donné l'exemple de composés phénoliques pour expliquer l'action des composés allélopathiques dans les relations des plantes avec les facteurs de milieu. Ils ont illustré l'action de ces composés comme suite :

- Les composés phénoliques interviennent dans les symbioses Rhizobium/Légumineuses par :
  - Activation des gènes de nodulation
  - Inhibition de l'activation des gènes de nodulation.
- Ils interviennent également dans les réactions hôte/parasite par :
  - Activation des gènes de virulence
  - Barrière physique ou chimique, constitutive ou induite
- Ils jouent un rôle dans la protection contre le rayonnement UV
- Ils interviennent dans les relations Plantes/animaux en influençant la couleur et la pollinisation.

### 1.3. QUELQUES EXEMPLES D'EXPERIENCES SUR LES PLANTES ALLELOPATHIQUES

#### 1.3.1. Les plantes toxiques

Le potentiel allélopathique du laurier rose (*Nerium oleander* L.) est étudié dans plusieurs essais biologiques en laboratoire. Il est testé sur l'orobanche (*Orobanche spp.*), un parasite obligatoire. Une stimulation du nombre des tubercules de l'orobanche est observée sur les racines des plants de tomates dans les pots d'expériences (Aksoy, 2003). L'effet des extraits aqueux des racines, des feuilles et des bourgeons de *N. oleander* L. sont testés aussi par Karaaltin et al. (2004) sur la germination et le développement des plantules de haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.) et du blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Le haricot est plus affecté que le blé, l'extrait des bourgeons n'a aucun effet. Tous les extraits stimulent la germination mais réduisent la longueur de la racine et de la tigelle. Les extraits des racines sont les plus efficaces.

*N. oleander* L. est parmi les plantes que nous avons choisies pour tester son pouvoir allélopathique sur la germination des graines de quelques mauvaises herbes des céréales et deux variétés de blé dur.

#### 1.3.2. Les plantes médicinales

Les recherches sur les plantes médicinales ont fait ressortir un certain nombre de plantes qui synthétisent des substances chimiques pouvant empêcher la croissance et baisser le rendement des plantes voisines. Asad et Bajwa (2005) ont étudié le potentiel allélopathiques du séné (*Senna occidentalis* (L.) Link) sur la partenelle (*Tanacetum parthenium* (L.) Sch. Bip.) et ont conclu que les substances extraites de cette espèce peuvent éliminer quelques mauvaises herbes.

Une autre espèce de séné (*Cassia angustifolia* Vahl) connue sous le nom Sana Makki a été étudié par Hussain et al. (2007) pour son potentiel allélopathique. Elle est testée sur les principales cultures céréalières, le maïs (*Zea mays* L.), le riz (*Oryza sativa* L.), le sorgho (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) et le blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Elle est testée également sur les principales mauvaises herbes poacées associés à ces cultures : la folle avoine (*Avena fatua* L.), le chiendent (*Dactyloctenium aegyptium* (L.) Willd., l'**échinochloé des cultures** *Echinochloa colona* (L.) Link et l'Alpiste mineur (*Phalaris minor* Retz.). L'espèce *C. angustifolia* Vahl à été incorporée au sol sous trois formes : des extraits, des pailis et l'ensemble de la plante. Les données sur le pourcentage de germination, la longueur des

pousses, la longueur des racines, le poids frais des pousses, le poids sec des pousses, le poids des racines fraîches, le poids des racines sèches et le nombre de feuilles sont enregistrées en tant que mesures de son potentiel allélopathique. Un effet remarquable a été observé sur la germination d'*A. fatua* L. et sur le développement des plantules de blé tendre. Le paillage de séné a considérablement réduit la germination d'*A. fatua* L. et stimulé le développement des plantules de blé tendre par rapport aux témoins. Hussain et al. (2007) ont conclu que *C. angustifolia* Vahl peut être employée avec succès pour lutter contre la folle avoine qui est une mauvaise herbe envahissante du blé.

### 1.3.3. Les plantes cultivées

L'effet allélopathique du tournesol (*Helianthus annuus* L.) est testé par Anjum et al. (2005) sur le développement des mauvaises herbes de blé comme Phalaris mineur (*Phalaris minor*), le chénopode blanc (*Chenopodium album* L.), le coronope didyme (*Coronopus didymus* (L.) Sm.), l'oseille (*Rumex dentatus* L.) et la luzerne polymorphe (*Medicago polymorpha* L.). Les résultats obtenus ont montré que les extraits des tiges et des racines d'*H. annuus* L. réduisent le poids frais des mauvaises herbes de 30-90% par rapport au témoin.

Le riz (*Oryza sativa* L.) est parmi les céréales les plus étudiées pour ces effets allélopathiques. Le potentiel allélopathique a été décrit sur un nombre élevé de culture comme le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) (Wu et al., 1999), l'orge (*Hordeum vulgare* L.) (Lovett et Houlst, 1995), le tournesol (*Helianthus annuus* L.) (Leather, 1983) et le concombre (*Cucumis sativus* L.) (Putnam et Duk, 1974). Plus de 90 cultivars de riz sont utilisés dans des testes biologiques effectués au laboratoire par Ahn et Chung (2000). Ces tests ont pour objectif de déterminer le potentiel allélopathique de riz sur la germination des graines et le développement des plantules de l'ergot pied de coq (*Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv.).

Les résultats montrent que les extraits aqueux de riz peuvent être une source d'un herbicide naturel. Des différences génétiques existent entre les cultivars étudiés dans leurs potentiels allélopathiques. Les extraits des pailles de riz sont les plus inhibiteurs d'*E. crus-galli* (L.) P. Beauv. que les extraits des feuilles et des glumes (Chung et al., 2003). Ebana et al. (2001) ont montré que les extraits aqueux des feuilles du riz inhibent la germination des graines et la croissance des racines de la laitue (*Lettuce sativa* L.).

### 1.3.4. Les grands arbres

Les mélanges des composés extraits de la lessive de l'écorce, des feuilles fraîches et des déchets des feuilles de 4 espèces d'*Eucalyptus* (*E. tereticornis* Sm., *E. camaldulensis* Dehnh., *E. polycarpa* F. Muell et *E. microtheca* F. Muell) ont été identifiés par Sasikumar et al. (2001). Ils montrent des effets prononcés sur la germination et la vigueur de pois pigeon (*Cajanus cajan* L.). Les différentes lessives ajoutées à des semences de pois pigeon ont réduit significativement leur germination. La matière sèche produite est affectée aussi. L'effet allélopathique de l'extrait de feuilles d'eucalyptus sur la germination et la croissance du coton (*Gossypium hirsutum* L.) à été testé aussi par Ejaz et al. (2004). Ils ont conclu que l'extrait d'eucalyptus réduit significativement la germination des graines de coton.

Parmi les arbres allélopathiques, l'Ailanthé (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swing.), une des plantes que nous avons choisie pour ce travail de recherche. Cette arbre contient un ou plusieurs composés phytotoxiques dans les racines et les feuilles. L'ailanthone est la toxine majeure qui a été isolée et identifiée à partir de ces différentes parties en 1960 par Gasinovi et al. (1964). Heisey (1999) a testé l'ailanthone sur champ pour sa capacité à contrôler les mauvaises herbes dans les cultures légumières, il a démontré que ce composé réduit la population de mauvaises herbes quelques semaines après l'application mais l'activité herbicide a été de courte durée.

## 1.4. L'ALLELOPATHIE ET LA LUTTE CONTRE LES MAUVAISES HERBES

L'effet néfaste des résidus des herbicides sur l'environnement et l'apparition des mauvaises herbes résistantes ont élargit la demande pour les cultures biologiques. Ceci exige des systèmes agricoles alternatifs qui sont moins dépendants des pesticides ou basées sur des composés naturels (Singh et al., 2003).

Les phénomènes d'allélopathies peuvent concerner le contrôle de la croissance des mauvaises herbes dans les différentes cultures. Ceci, par des plantes de grande culture comme le blé, le riz et certaines légumineuses ou par d'autres espèces dans lesquelles peuvent intervenir des acides phénoliques et des flavonoïdes ou leurs produits d'oxydation. Ces propriétés peuvent trouver des applications agronomiques et écologiques en permettant la stimulation ou l'inhibition sélective de la germination et de la croissance des plantes intéressantes pour l'homme.

L'allélopathie a un intérêt majeur pour les chercheurs qui s'intéressent aux systèmes agricoles. Des effets allélopathiques des plantes de cultures à l'égard des mauvaises herbes pourraient être très bénéfiques (Ricklefs et Miller, 2005 ; Duke et *al.*, 2002). L'allelopathie du riz est un mécanisme de défense qui se produit naturellement contre les adventices du riz, qui implique plusieurs facteurs, particulièrement la dynamique des allélochimiques et l'activité microbienne spécifique dans le sol (Kong et *al.*, 2008).

Il est possible d'utiliser les influences allélopathiques dans la pratique agricole. Par exemple, une ligne qui à été plantée en sorgho ne sera envahie par les mauvaises herbes que deux à quatre fois moins que d'autres lignes au cours de la saison culturale suivante. Il est évident que le sorgho libère dans le sol des composés allélopathiques qui réduisent la croissance des mauvaises herbes (Raven et *al.*, 2003).

Des résultats obtenus par Dhima et *al.* (2006) indiquent clairement que l'orge (*Hordeum vulgare* L.) et certaines populations de seigle (*Secale cereale* L.) peuvent être utilisées seules ou en complément avec la lutte chimiques et mécaniques pour contrôler quelques adventices de céréale. Parmi ces mauvaises herbes, L'ergot de coq (*Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv.), la **Sétaire verticillée** (*Setaria verticillat* (L.) P. Beauv.) et la digitale sanguine (*Digitaria sanguinalis* (L.) scop.).

Batlang et Shushu (2007) ont trouvé que les extraits des racines et des feuilles de tournesol (*Helianthus annuus* L.) réduisent la germination des graines, le développement des plantules et le poids sec des adventices. Kong et *al.* (2008) ont trouvé que les composés extraits des racines du riz peuvent modifier la communauté microbienne du sol et indirectement ont affecté le développement de quelques adventices du riz.

Beaucoup d'intérêts existent en utilisant des produits naturels afin de contrôler les mauvaises herbes dans les agro-écosystèmes. Cependant, peu de produits naturels ont été développés et commercialisés (McLaren, 1986). Le Bialaphos et le glufosinate sont les bio-herbicides les plus utilisés avec succès (Sy et *al.*, 1994 ; Mersey et *al.*, 1990). Ces deux produits naturelle sont des phytotoxines produites par des bactéries du genre *Streptomyces*, ils sont actuellement disponibles comme bioherbicides commerciaux.

## 1.5. UN EXEMPLE PRATIQUE DE L'ALLELOPATHIE

### Contrôle des mauvaises herbes par les résidus des plantes de couverture

Les plantes de couverture annuelles sont souvent détruites avant la mise en place des cultures. Ceci peut être effectué par l'incorporation des résidus des plantes de couverture dans le sol. Il peut être effectué aussi en détruisant la plante de couverture par voie mécanique ou chimique tout en laissant le paillis à la surface du sol.

L'incorporation des résidus des plantes de couverture par le labour peut inhiber significativement le développement des mauvaises herbes. Boydston et Hang (1995) ont montré que l'incorporation des chaumes de sorgho (*Sorghum bicolor* L.) au sol avant une culture de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) peut réduire la charge des mauvaises herbes et augmenter le rendement en graine.

La pratique de contrôle des mauvaises herbes par les plantes de couvertures dépend de deux facteurs : l'insensibilité de la culture aux substances allélochimiques et la technique d'incorporation des résidus. La sélection des cultivars insensibles et la technique appropriée d'incorporation des résidus peuvent être déterminantes pour maximiser l'activité allélopathique sur les adventices et minimiser les effets délétères sur les cultures (Teasdale, 2005).

## 1.6. LES CONTRAINTES DE L'ALLELOPATHIE

Il est extrêmement difficile de démontrer les effets allélopathiques dans la nature à cause de la complexité des interférences qui existent entre les plantes (Christensen, 1993). L'interférence est une combinaison des processus de compétition pour les ressources et la production des composés allélopathiques qui suppriment les compétiteurs (Duke et al., 2001). Ainsi, l'allélopathie diffère de la compétition pour les ressources. il est impossible de dissocier les deux mécanismes (Radosevich et al., 1997 ; Le Bourgeois et Merlier, 1995).

Friedman (1995) a démontré que le niveau d'expression de l'allélopathie dépend des conditions environnementales, généralement renforcées par les conditions de stress. Les substances émises, souvent labiles, doivent pouvoir s'accumuler en quantité suffisante pour avoir un effet notable. Un certain nombre de cas d'allélopathies à effet négatif ont cependant été mis en évidence. Par exemple, les effets allélopathiques de la grande fétuque sur la régénération du sapin commun (*Abies alba* Mill.), de la callune (*Calluna vulgaris* (L.) Hull)

(Gallet et Pélissier, 2002). L'effet des allélochimiques peut être avantageux pour la suppression des mauvaises herbes mais les espèces cultivées peuvent être affectées. Les plantes cultivées peuvent être très sensibles à l'effet des allélochimiques ce qui influence négativement leur développement (Qasem, 2001).

D'une part, certaines expériences montrent que l'effet allélopathique des plantes n'est pas toujours observé sur champs (Aerts et *al.*, 1991). D'autre part, des chercheurs concluent que les effets néfastes des résidus des plantes cultivées sur les rendements des cultures peuvent être dues en partie à la libération de certains composés (Wojcik et *al.*, 1990) ou à l'effet directe de substances allélopathiques (Batlang et Shushu, 2007). Par conséquent, une évaluation écologique significative de l'allélopathie à travers l'étude des effets dose-réponse des composés allélochimiques devrait inclure des tests simulant les conditions naturelles en particulier dans le sol.

## **Chapitre 2**

# **MATERIEL ET METHODES**

## 2.1. RECOLTE ET PREPARATION DU MATERIEL VEGETAL

### 2.1.1. Les espèces allélopathiques

#### 2.1.1.1. La récolte

Les espèces choisies sont *Peganum harmala* L., *Nerium oleander* L. et *Ailanthus altissima* (Mill.) Swing.

- ***Peganum harmala* L.** (Familles : Zygophyllaceae)

La rue sauvage, nommée localement Harmel, est récoltée le 29 Mai 2008 de la zone de Hammam Essoukhna située au sud-est de la wilaya de Sétif. Nous avons coupé les plantes à 10 cm du sol l'aide d'une paire de ciseau à arbre. A cette date, les plantes recueillies présentent un feuillage très dense et portent des fruits verts de différentes tailles. La rue sauvage est une plante vivace buissonneuse très ramifiée, à feuilles linéaires et à fleurs blanches. Elle colonise les terrains incultes. Nous avons remarqué que les espèces associées avec *P. harmala* L. sont très rares, si elles existent, sont de petite taille.

- ***Nerium oleander* L.** (Famille : Apocynaceae)

Le Laurier rose, appelé localement Defla ou Elili, est un arbuste glabre large à feuillage persistant (Warrier *et al.*, 1996). Les feuilles de *N. oleander* L. sont récoltées de la zone de Kef Laârous (Ghassira) située au sud-ouest de la Wilaya de Batna. C'est une espèce qui colonise surtout les lits des Oueds, où elle forme des groupements denses. Nous avons remarqué la rareté de la végétation autour des arbustes de *N. oleander* L. Cette plante est récoltée le 05 août 2008 au stade début fructification.

Le pouvoir allélopathique de *N. oleander* L. a été étudié dans plusieurs essais biologiques au laboratoire (Kadioglu et Yanar, 2004 ; karaaltin *et al.*, 2004 ; Aksoy, 2003 ; Iskenderoglu, 1995). Khanh *et al.* (2005) a démontré que l'effet allélopathique des feuilles du laurier rose est élevée par rapport à celui des racines et des tiges.

***Ailanthus altissima* (Mill.) Swing.** (Famille : Simaroubaceae)

L'ailante (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swing.) est un grand arbre à feuilles caduques, d'une grande capacité de régénération (Zenkteler, 1996) et d'une croissance très rapide (Heisey, 1999). *A. altissima* (Mill.) Swing. colonise souvent les sites perturbés tels que les champs

abandonnés et les terrains vagues Il semble inhiber l'installation d'autres espèces d'arbres, ce qui suggère selon Heisey (1997) la présence d'effets allélopathiques.

Nous avons récolté les feuilles de cette espèce le 15 septembre 2008 dans la zone de Fesdis au nord de la ville de Batna A cette date le feuillage est dense et les fruits sont verts. L'ailante est un arbre ornemental planté au bord des routes, mais sa présence est constatée aussi sous la forme des groupements dans les terrains inculte et humides.

L'ailante a été classé par Bubel (1988) parmi les plantes à effet allélopathique, elle est connue depuis les travaux de Mergen (1959) pour produire un ou plusieurs composés potentiellement allélopathiques.

Remarques : les feuilles de *N. oleander* L. et *A. altissima* (Mill.) Swing. que nous avons choisie sont complètement vertes et ne présentent aucune anomalie ou un signe d'une attaque par les ravageurs. Nous avons coupé les tiges de *P. harmala* L. a 10-15 cm du sol, puisque la majorité des feuilles près de sol sont jaunes et d'autres sont attaquées par les insectes.

Des données sur la biologie et l'écologie de ces trois espèces ainsi que leurs photos sont présentés en annexe 1.

### **2.1.1.2. Préparation du matériel végétal**

#### **2.1.1.2.1. Le séchage**

Les échantillons en été étalées dans une chambre aérée sur du papier journal pendant 45 à 60 jours. Lorsque les feuilles sont complètement sèches, nous avons séparé les feuilles de *P. harmala* L. des tiges. Nous avons éliminé aussi les feuilles qui portent des signes d'attaques par les ravageurs ou les microorganismes.

#### **2.1.1.2.2. Le broyage**

Nous avons initialement coupé les feuilles de *N. oleander* et *A. altissima* en petits morceaux afin de faciliter leur broyage. Les feuilles de *P. hramala* sont broyées directement. Nous avons utilisé un broyeur électrique. Le broyat des feuilles constitue le matériel végétal final que nous avons utilisé pour la préparation des extraits aqueux. Il s'agit de petits morceaux de feuilles dont la taille est de l'ordre de 1 à 3 mm.

Les broyats des trois plantes (l'ailante, Defla et Harmel) sont stockés dans des sacs en papier de type kraft. Chaque sac porte le nom de l'espèce, la date et le lieu de récolte.

### 2.1.2. Récolte des graines des mauvaises herbes

Dans le but de choisir les espèces adventices à étudier, nous avons réalisé plusieurs sorties sur les champs des céréales. Ces sorties sont effectuées durant la période avril-mai 2008 dans la région de Sétif. Cette période coïncide avec le stade floraison de la majorité des espèces adventices. Nous avons choisie dix-neuf espèces, trois poacées : trois papavéracées, deux apiacées, deux astéracées, deux braccacées, deux fabacées, deux résédacées, une caryophyllacée et une chénopodiacée. Il s'agit de :

- La folle avoine (*Avena sterilis* L.), famille : Poaceae.
- La passerage drave (*Cardaria draba* (L.) Desv.), famille : Brassicaceae.
- La camomille brunâtre (*Chamaemelum fuscatum* (Brot.) Vasc.), famille : Asteraceae.
- Le brome de Madrid (*Bromus madritensis* L.), famille : Poaceae.
- La roquette bâtarde (*Hirschfeldia incana* (L.) Lagr.-Foss., famille : Brassicaceae.
- L'orge des rats (*Hordeum murinum* L.), famille : Poaceae.
- La bassie à balais (*Kochia scoparia* (L.) Schrad.), famille : Chenopodiaceae.
- La luzerne orbiculaire (*Medicago orbicularis* (L.) Bartal.), famille : Fabaceae.
- Le chardon-Marie (*Silybum marianum* (L.) Gaertn.), famille : Asteraceae.
- La vaccaire d'Espagne (*Vaccaria hispanica* (Mill.) Rausch.), famille : Caryophyllaceae.
- La vesce commune (*Vicia sativa* L.), famille : Fabaceae.
- La glaucienne écarlate (*Glaucium corniculatum* (L.) J.H. Rudolph), famille : Papaveraceae.
- Le réséda blanc (*Reseda alba* L.), famille : Resedaceae.
- Le réséda sauvage (*Reseda lutea* L.), famille : Resedaceae.
- Le chardon aux ânes (*Onopordon acanthium* L.), famille : Asteraceae.
- Le coquelicot (*Papaver rhoeas* L.), famille : Papaveraceae.
- L'ammi commun (*Ammi majus* L.), famille : Apiaceae.
- Le bunium noix-de-terre (*Bunium bulbocastanum* L.), famille : Apiaceae.
- Le gaillet à trois cornes (*Galium Tricornutum* Dandy), famille : Papaveraceae.

La majorité des espèces choisies sont des espèces problématiques des céréales dans la région méditerranéenne. Plusieurs espèces figurent dans des ouvrages ou des travaux qui

traitent le problème des adventices de la céréaliculture dans cette régions (Qasem, 2007 ; Tanji, 2005 ; Fenni, 2003 ; Di Castri, 1990 ; Ouattar et Ameziane, 1989 ; Anonyme, 1976).

En plus de ces espèces messicoles, nous avons aussi choisi une espèce problématique dans les périmètres agricoles de la Wilaya de Biskra. *Kochia scoparia* (L.) Schrad., qui est une espèce envahissante des différentes cultures (arboriculture, culture maraichères et céréaliculture) dans cette région. La levée de cette espèce s'observe au mois de mars et le cycle se termine en novembre (Benmeddour et Fenni, 2008). C'est une espèce adventice dans les cultures du blé et de l'orge au Maroc (Tanji, 2005).

Les avantages agronomiques de l'allélopathie peuvent être transférés à cibler les cultures. Pour cela, nous avons décidé de tester l'effet des extraits sur la germination de deux variétés de blé dur. Le choix s'est porté sur Waha et Boussellam. Ce sont des variétés très utilisées dans la région de Sétif. Les graines de ces deux variétés de blé sont récoltées en Juillet 2008 au niveau de l'ITGC (Institut Techniques des Grandes Cultures) Sétif.

La récolte des graines des adventices à lieu fin juin à début juillet 2008, cette période correspond au stade maturation du blé et des adventices. La majorité de ces dernières espèces se dessèchent et commencent à disséminer leurs graines. Les graines de l'espèce *K. scoparia* (L.) Schrad. sont récoltées au moi de novembre 2008. Les fruits mûrs, de chaque espèce sont stockés dans des sacs en papier numérotés et portant le nom de l'espèce et la date de récolte. Les sacs sont stockés au laboratoire.

## **2.2. L'EXPERIMENTATION AU LABORATOIRE**

La préparation de tous les extraits aqueux ainsi que les tests de germinations sont réalisés au niveau des laboratoires du département de Biologie de l'université Ferhat Abbas, Sétif.

### **2.2.1. La préparations des extraits**

Les extraits (9 extraits) sont préparés à la température ambiante du laboratoire (20 - 24°C). Les différentes concentrations considérées sont 1 % 3 % et 5 %, pour cela et à l'aide d'une balance électronique (max 150g), nous avons pesé 1g, 3g et 5g des feuilles broyées de chaque espèce. Nous avons ajouté à la quantité pesée 100 ml d'eau distillée dans un bicher en verre pyrex.

### **2.2.1.1. Agitation**

Nous déposons un barreau magnétique cylindrique dans le bécher et nous le couvrons hermétiquement afin d'éviter l'évaporation. L'agitation est réalisée immédiatement sur un agitateur magnétique. La durée de l'agitation est de 2 heures et la vitesse d'agitation est de 120 tr /min.

### **2.2.1.2. Décantation et Filtrations**

Après 2 heures d'agitation nous avons laissé le mélange se décanté pendant 16 heures. Nous avons filtré les mélanges à travers 20 couches de bonde de gaz déposées dans un entonnoir en verre pyrex. C'est le surnageant seulement qui est versé dans l'entonnoir, le précipité est éliminé. La filtration était lente, pour cela nous l'avons laissé pendant 1 heures jusqu'au passage totale du surnageant dans une fiole Erlenmeyer (1000 ml). Après cette filtration nous avons obtenu une solution limpide (liquide de composition homogène et sans particule en suspension).

Les solutions (les extraits aqueux des feuilles) sont conservées au réfrigérateur (+4° C) dans des bouteilles bien fermées et étiquetées, nous avons noté sur chaque bouteille le nom de l'espèce, la concentration et la date de préparation.

En général, nous avons préparé les extraits deux à trois jours avant les tests de germination afin d'éviter une éventuelle contamination. Celle-ci peut entraîner une altération des caractéristiques physicochimiques des extraits.

### **2.2.2. Les tests de germination**

Tous les tests de germination sont réalisés dans des boîtes de Petri. Nous avons utilisé des boîtes stériles en verre de 80 mm de diamètre et d'une hauteur de 15 mm et des boîtes de Petri stériles en plastique de 80 mm de diamètre et d'une hauteur de 13 mm. Le même type de boîtes est utilisé pour chaque espèce adventice. Des disques en papier filtre standard d'un diamètre égal à celui des boîtes sont placés dans les boîtes de Petri. Chaque boîte est numérotée avec un marqueur permanent. Elles sont ensuite recouvertes.

### 2.2.2.1. Les tests préliminaires de germination

Dans le but d'obtenir des taux maximums de germination et de choisir une durée moyenne pour les tests de germination, nous avons réalisé des tests préliminaires de germination. Toutes les graines des espèces adventices récoltées sont soumises à ces tests.

Nous avons utilisé deux boîtes de Petri pour chaque espèce. Nous avons introduit au départ 5 ml d'eau distillée avec une pipette graduée (10 ml). Ensuite, 10 graines de chaque espèce sont déposées sur le papier filtre dans chaque boîte. Nous avons incubé dans une étuve réglée à 22,5 °C ( $\pm 1$ ) et suivie la germination des graines chaque jour à la même heure. La durée d'incubation a été de 10 jours. Selon Malcolm et al. (2003) la vitesse et la durée de germination des graines ne changent pas significativement à des températures ambiantes (de 15 à 25 °C). Toutefois, à 10 °C les graines ont une germination lente.

Au 8ème jour d'incubation nous avons observé que toutes les graines qui germent développent une radicule (ou coléorhize) et une tigelle (ou coléoptile). Après cette durée d'incubation nous avons remarqué qu'il n'y a plus de germination et que les racines commencent à se dessécher et certaines d'entre elles présentent des longueurs importante et se chevauchent. Nous avons remarqué aussi que les parties aériennes de certaines plantules présentent des anomalies (jaunissement, noircissement des extrémités ...etc.)

Pour les graines qui présentent un taux de germination inférieur à 50 % nous avons procédé à une scarification à l'aide d'un petit coupe-angle. Nous avons coupé superficiellement le tégument à un seul point en évitant la zone d'émergence de la radicule. Les graines qui ont subi cette opération sont celles de *Gallium Tricornicum*, *Medicago orbicularis*, *Onopordon acanthium*, *Vaccaria hispanica* et *Vicia sativa*.

Les graines d'*Ammi majus*, *Bunium bulbocastanum*, *Glaucium corniculatum*, *Papaver rhoeas*, *Reseda alba* et *Reseda lutea* pour lesquelles la scarification ne convient pas vue leur petite taille ont été éliminées.

Les tests préliminaires de germination nous ont permis d'arrêter la liste définitive des mauvaises herbes, Les espèces sélectionnées sont celles qui ont présenté un taux de germination supérieur ou égale à 50 %. Ces tests préliminaires nous ont permis aussi de déterminer la durée des tests finaux de germination (8 jours). Les espèces retenues pour les tests allélopathiques sont :

- *Avena sterilis* L. (la folle avoine), famille : Poaceae.
- *Cardaria draba* (L.) Desv. (la passerage drave), famille : Brassicaceae.
- *Chamaemelum fuscatum* (Brot.) Vasc. (la camomille brunâtre), famille : Asteraceae.
- *Bromus madritensis* L. (le brome de Madrid), famille : Poaceae.
- *Hirschfeldia incana* (L.) Lagr.-Foss. (la roquette bâtarde), famille : Brassicaceae.
- *Horeum murinum* L. (l'orge des rats), famille : Poaceae.
- *Kochia scoparia* (L.) Schrad. (la bassie à balais), famille : Chenopodiaceae.
- *Medicago orbicularis* (L.) Bartal. (la luzerne orbiculaire), famille : Fabaceae.
- *Silybum marianum* (L.) Gaertn. (le chardon-Marie), famille : Asteraceae.
- *Vaccaria hispanica* (Mill.) Rausch. (la vaccaire d'Espagne), famille : Caryophyllaceae.
- *Vicia sativa* L. (la vesce commune), famille : Fabaceae.

#### **2.2.2.2. Les tests finaux de germination**

Nous avons utilisé huit boîtes de Petri pour tester l'effet de chaque extrait aqueux (9 extraits) sur la germination des graines de chaque espèce adventice et des deux variétés de blé. Quatre boîtes (4 répétitions) sont utilisées pour l'extrait aqueux et les quatre autres sont utilisées pour l'eau distillée. Ces dernières représentent le témoin.

A l'aide d'une pipette graduée nous avons introduit au départ 5 ml de l'extrait considéré dans chaque boîte de Petri et 5 ml d'eau distillée pour le témoin. Dans chaque boîte de Petri nous avons déposé 10 graines (Photo 1 et 2). Les boîtes sont recouvertes immédiatement. Nous avons choisie des graines saines (sans anomalies) et qui ont presque la même taille.

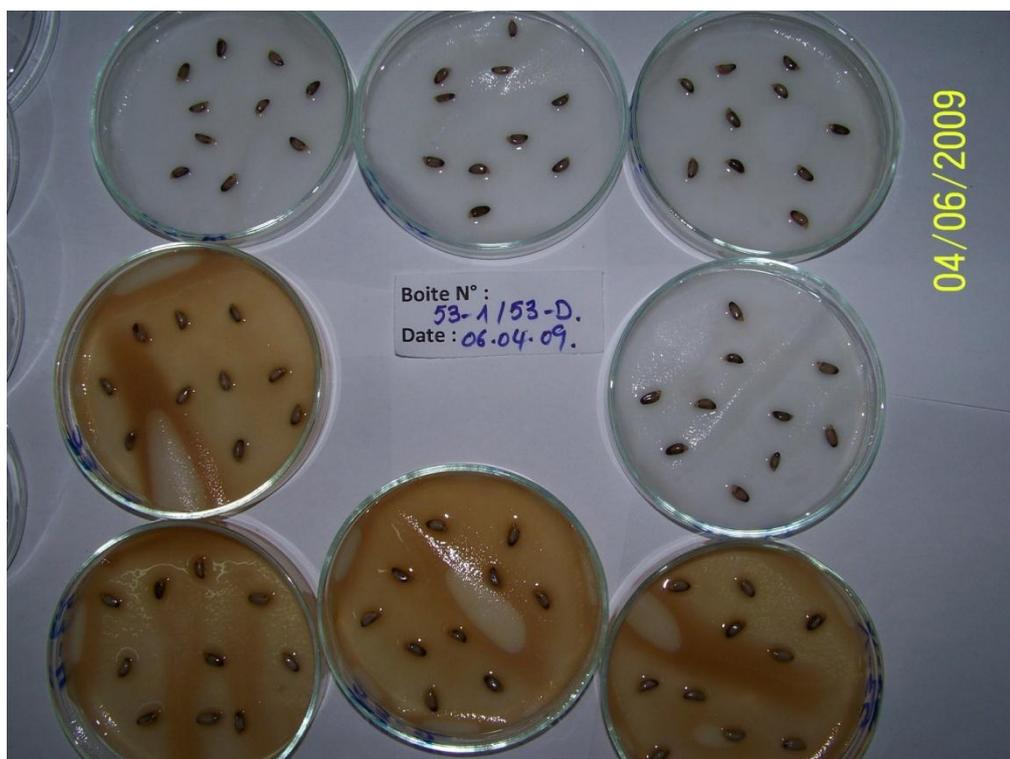
##### **2.2.2.2.1. Incubation**

Nous avons réalisés tous les tests de germination durant la période mars-juin 2009. Pour cela nous avons utilisé une étuve et un incubateur réfrigéré

##### **2.2.2.2.2. Suivre de germination et notation**

##### **2.2.2.2.3.1. Détermination des pourcentages de germination**

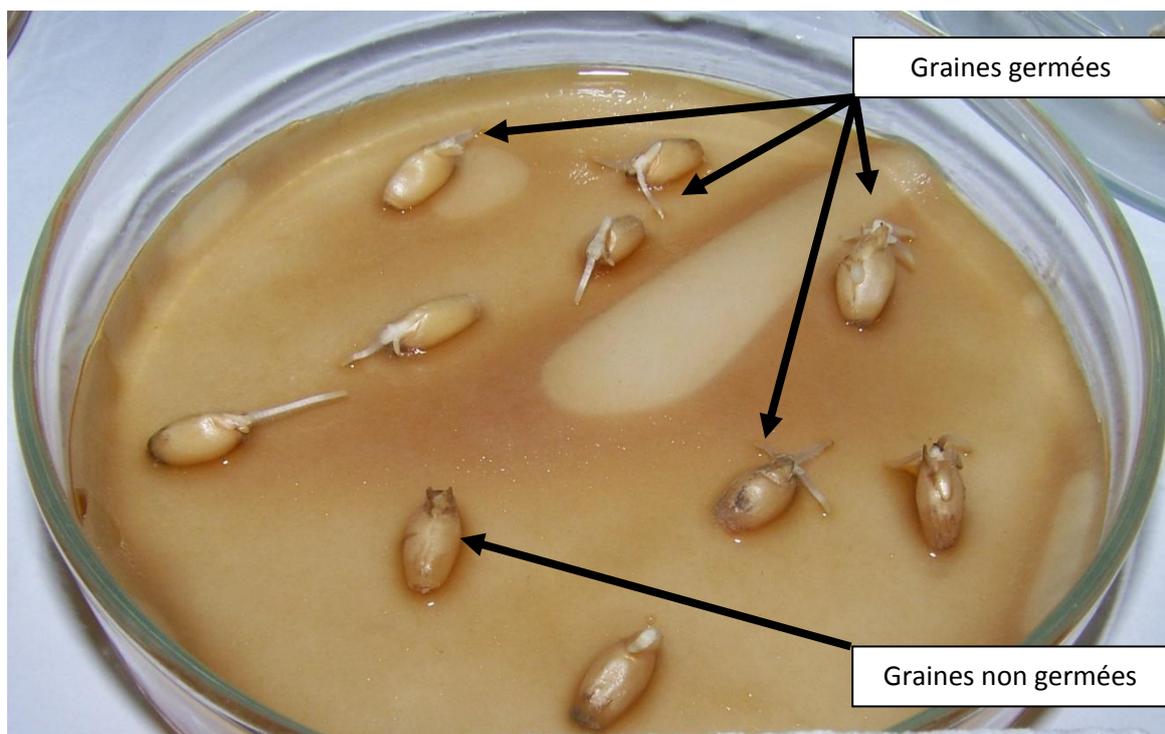
Après 8 jours d'incubation, l'expérience est arrêtée et le pourcentage de germination de chaque espèce et dans chaque boîte est déterminé. Nous avons considéré comme graine germée celle qui a développée un coléorhize chez les espèces monocotylédones (photo 3) ou une racine chez les espèces dicotylédones (photo 4).



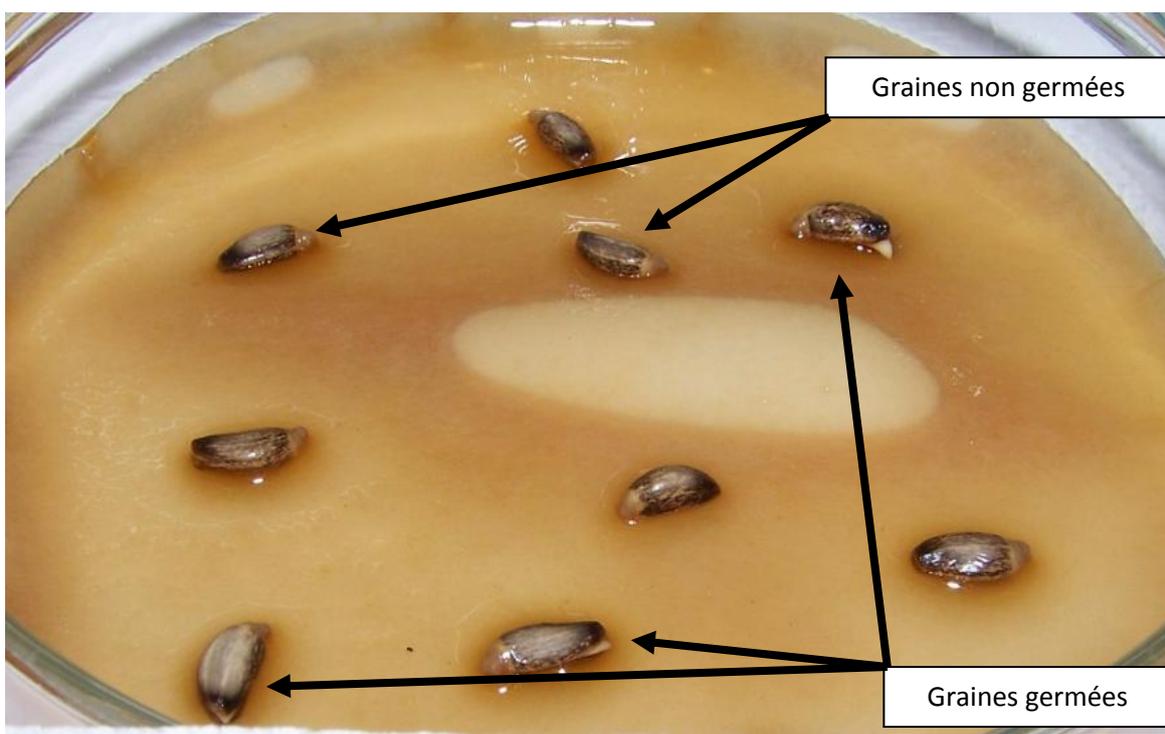
**Photo 1.** Teste de germination de *Silybum marianum* avec l'extrait de *N. oleander* 5 % avant l'incubation.



**Photo 2.** Teste de germination de *Avena sterilis* avec l'extrait d'*A. altissima* 5% avant l'incubation.



**Photo 3.** Des graines de Blé dur Boussellam traitées par l'extrait de *N. oleander* 5% après 2 jours d'incubation.



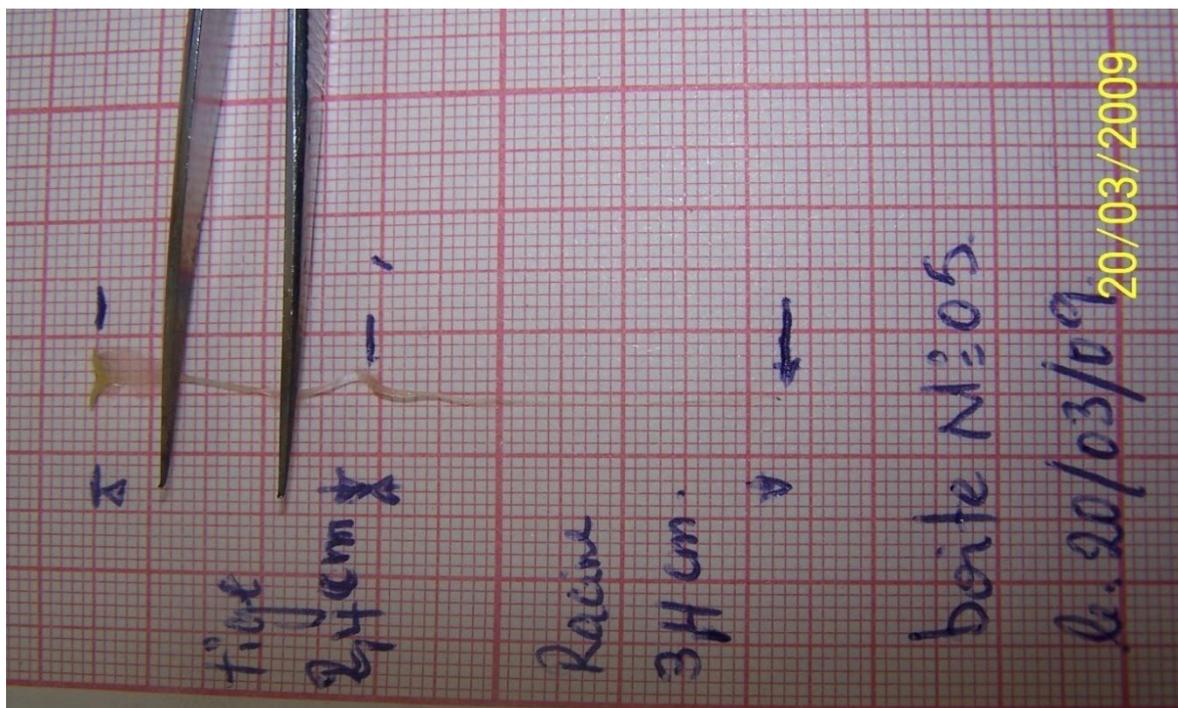
**Photo 4.** Des graines de *Silybum marianum* traitées par l'extrait de *N. oleander* 5% après 2 jours d'incubation.

### **2.2.2.2.3.2. Mesures des longueurs des racines et des parties aériennes**

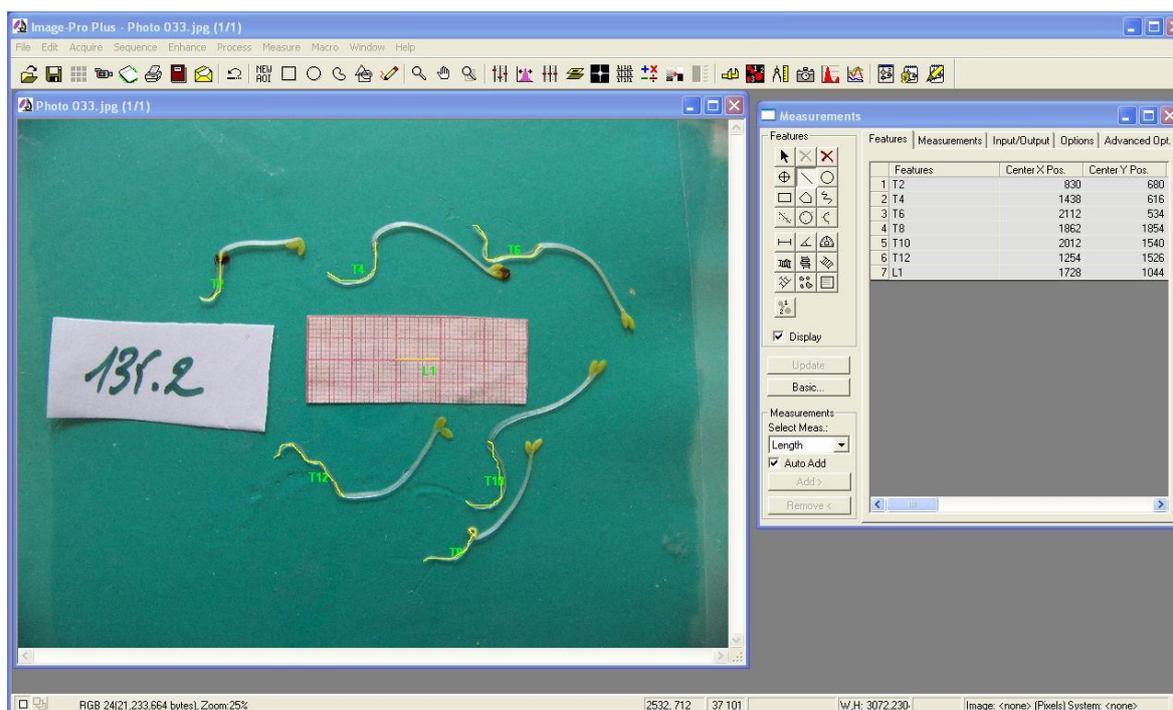
Après avoir déterminé le nombre des graines qui ont germés dans chaque boîte, nous avons mesuré les longueurs de la partie racinaire (LR) et la partie aérienne (LPA). La LR représente chez les poacées la longueur du coléorhize ou la plus longue des racines primaires alors qu'elle représente la longueur de la radicule ou la longueur de la racine principale des dicotylédones. La LPA correspond pour les poacées à la longueur de coléoptile ou de la première feuille. La LPA correspond pour les espèces dicotylédones à la longueur de la tigelle ou la tigelle plus les feuilles dicotylédonnaires ou encore la tigelle plus les premières feuilles. Nous avons suivie deux méthodes de mesure, selon le cas :

**a-** Lorsque la plupart des plantules dans une boîte sont faciles à manipuler nous avons mesuré directement la LR et la LPA sur un papier millimétrique (photo 5).

**b-** Lorsque les racines sont fragiles et leur manipulation est difficile, nous avons suivie une méthode de mesure numérique. Nous avons étalé toutes les plantules de la boîte sur une feuille d'une couleur verte (photo 5), au centre de cette feuille nous avons déposé un papier millimétrique et une étiquette qui porte la référence de la boîte. Les plantules sont fixées sur le papier par une plaque en verre transparent. Nous avons pris une photo centrée sur le papier millimétrique. Les photos numériques sont ensuite enregistrées et traitées avec le logiciel Media Cybernetics Image-Pro Plus version 5.1 (Media Cybernetics, 2004). Ceci nous à permis de mesurer les longueurs des différentes parties (photo 6). Toutes les photos sont prises avec un appareil photo numérique de marque KODAK EasyShare Z712 IS (7.1 méga pixels, 12×IS).



**Photo 5.** Mesure de la longueur de la racine et de la partie aérienne d'une plantule de *Chamaemelum fuscatum* traitée par l'eau distillée.



**Photo 6.** Mesure de la longueur de la racine et de la partie aérienne des plantules de *Cardaria draba* traitées par l'extrait des feuilles de *P. harmala* 1%.

### 2.3. ANALYSE STATISTIQUE DES DONNEES

Le pourcentage de germination des graines pour chaque boîte de Petri est déterminé selon la formule suivante :

$$\text{PG \%} = \text{nombre des graines qui ont germé} \times 100 / 10$$

Pour comparer les effets des trois espèces allélopathiques sur chaque espèce adventice et sur chaque variété de blé, nous avons convertie les pourcentages de germination et les mesures des LR et LPA en pourcentages d'inhibition. Les conversions sont effectuées selon la formule utilisée par Dhima *et al.* (2006) et Chung *et al.* (2003) :

$$\% \text{ I} = [ ( \text{Témoin} - \text{Extrait} ) / \text{Témoin} ] \times 100$$

**% I** : le pourcentage d'inhibition par rapport au témoin

**Témoin** : la moyenne des 4 répétitions du témoin

**Extrait** : le pourcentage de germination ou la longueur de la LR ou la LPA de chaque boîte traitée par l'extrait aqueux.

Le % I de chaque variable (la germination, la longueur de la racine et la longueur de la partie aérienne) est calculé séparément, tel que :

**% IG** : Le pourcentage d'inhibition de germination (G)

**% ILR** : Le pourcentage d'inhibitions de la longueur de la racine (LR)

**% ILPA** : Le pourcentage d'inhibition de la longueur de la partie aérienne (LPA)

**Exemple** : le teste de l'extrait de *Peganum harmala* 3% sur la germination des graines de *Vicia sativa*.

La moyenne de la LR des 4 boîtes témoins = 5,2 cm

La moyenne de la LR dans une boîte traitée par l'extrait = 1,1 cm

Donc le pourcentage d'inhibition de la LR dans cette boîte est de :

$$\% \text{ I (LR)} = [(5,2 - 1,1) / 5,2] \times 100 = 78,8 \% \text{ (79 \% après arrondissement)}$$

Pour chaque espèce adventice ou variété de blé, nous avons adopté un arrangement factoriel des traitements (concentration des extraits × espèce allélopathique) avec 4 répétitions dans un dispositif complètement randomisé. Les données obtenues portant sur le pourcentage de germination (PG), la longueur de la racine (LR) et la longueur de la partie aérienne (LPA) sont soumises à une analyse de variance (ANOVA à deux voies) et les moyennes sont comparées selon le test Fischer LSD (Dhima et *al.*, 2006 ; Vasilakoglou et *al.*, 2005). Toutes les analyses statistiques sont réalisées avec la version 8.0 du logiciel STATISTICA (StatSoft, 2007). Nous avons présenté pour chaque espèce, les différences entre les traitements et le témoin, l'effet sur les trois variables (LR, LPA et GER), l'effet de la concentration et les différences entre les espèces allélopathiques.

## **Chapitre 3**

# **RESULTATS ET DISCUSSION**

### 3.1. EFFET DES DIFFERENTS EXTRAITS SUR CHAQUE ESPECE ADVENTICES ET VARIETE DE BLE DUR

#### 3.1.1. L'effet des différents extraits sur les espèces adventices

##### 3.1.1.1. Effet sur la folle avoine (*Avena sterilis* L.)

L'analyse de variance indique que le pourcentage de germination (PG), la longueur de la racine (LR) et la longueur de la partie aérienne (LPA) d'*A. sterilis* sont significativement affectés à  $P < 0.001$  (tab. 1) par les deux facteurs espèce allélopathique et concentration et par l'interaction espèce allélopathique  $\times$  concentration.

La comparaison des moyennes (tab. 1) indique que tous les extraits testés affectent significativement la longueur de la partie aérienne à  $P < 0.05$ . Pour la longueur de la racine, les moyennes des traitements sont significativement différentes en comparaison avec le témoin sauf pour l'extrait d'*A. altissima* 1 %. Pour la germination, les extraits d'*A. altissima* 1 % et 3 % et l'extrait de *P. harmala* 1 % n'ont pas d'effet significatif en comparaison avec le témoin.

##### L'effet sur la germination

Nous remarquons que l'inhibition la plus élevée à la concentration 3 % est obtenue par *P. harmala*, elle dépasse 70 %. L'extrait de *P. harmala* à 5 % inhibe totalement la germination d'*A. sterilis*. À la concentration 1 % l'inhibition la plus élevée est obtenue par *N. oleander* et elle est de 38 %. Aux différentes concentrations, l'inhibition la plus faible de la germination est obtenue par les extraits d'*A. altissima* et elle ne dépasse pas 38 % (fig. 1).

##### L'effet sur la longueur de la racine et la longueur de la partie aérienne

Les résultats obtenus (fig. 1) montrent qu'à la concentration 1 % des extraits, l'espèce *N. oleander* est la plus inhibitrice du développement des plantules (LR et LPA), le pourcentage d'inhibition dépasse 60 %. A la même concentration, l'effet inhibiteur des deux autres espèces est faible et ne dépasse pas 31 %. Les concentrations à 3 % et 5 % des extraits de *P. harmala* et *N. oleander* montrent un effet inhibiteur élevé, il est supérieur à 74 %.

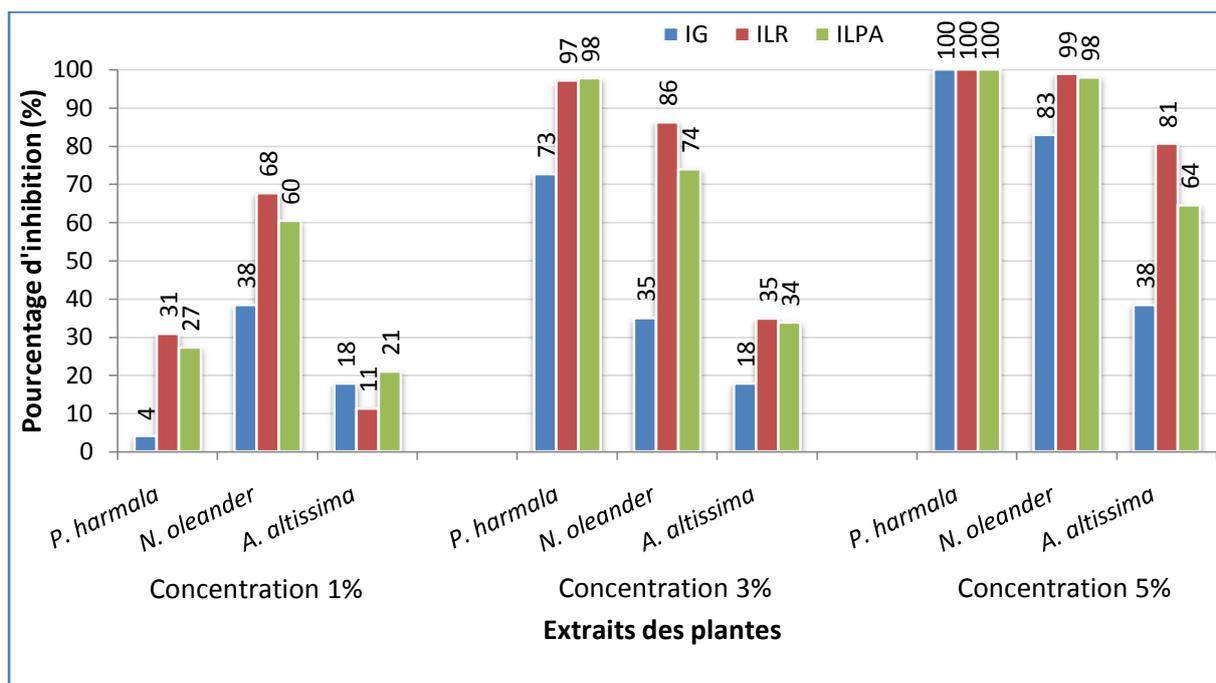
En générale, l'extrait de *N. oleander* à faible concentration (1 %) est le plus inhibiteur d'*A. srrerilis*, alors qu'à des concentrations plus élevées les extraits de *P. harmala* sont les plus inhibiteurs. L'inhibition par les extraits d'*A. altissima* est faible en particulier à des concentrations inférieures à 5 %. L'effet inhibiteur des extraits augmente avec la concentration.

**Tableau 1.** Effet des extraits de *Peganum harmala* L., *Nerium oleander* L. et *Ailanthus altissima* (Mill.) Swing. sur la longueur de la racine (LR), la longueur de la partie aérienne (LPA) et le pourcentage de germination (PG) d'*Avena sterilis* L.

Espèce Allélopathique	Concentration		LR (cm)	LPA (cm)	PG (%)
	Témoin	0%	8,1a	5,4a	72,5a
<i>P. harmala</i>		1 %	5,6b	4,0b	70,0a
		3 %	0,2de	0,1d	20c
		5 %	0,0e	0,0d	0,0d
<i>N. oleander</i>		1 %	2,6c	2,1c	45b
		3 %	1,1cde	1,4c	47,5b
		5 %	0,1de	0,1d	12,5cd
<i>A. altissima</i>		1 %	7,2a	4,3b	60ab
		3 %	5,3b	3,6b	60ab
		5 %	1,6cd	1,9c	45b
Analyse de variance ANOVA	Espèce allélopathique (E)		***	***	***
	Concentration (C)		***	***	***
	Interaction (E × C)		***	***	***

Les moyennes suivies par la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes selon le test Fischer LSD à  $P < 0.05$ .

\*\*\* Signification à  $P < 0.001$ .



**Figure 1.** Effet inhibiteur des extraits de *P. harmala* L., *N. oleander* L. et *A. altissima* (Mill.) Swing. aux concentrations 1 %, 3 % et 5 % sur la germination (IG), la longueur de la racine (ILR) et la longueur de la partie aérienne (ILPA) d'*A. sterilis* L.

### 3.1.1.2. Effet sur le brome de Madrid (*Bromus madritensis* L.)

L'analyse de variance (tab. 2) indique que le pourcentage de germination (PG), la longueur de la racine (LR) et la longueur de la partie aérienne (LPA) de *B. madritensis* sont significativement affectés à  $P < 0.001$  par les deux facteurs espèce allélopathique et concentration et par l'interaction espèce allélopathique  $\times$  concentration.

La comparaison des moyennes (tab. 2) montre que tous les extraits des espèces allélopathiques (*P. harmala* L., *N. oleander* L. et *A. altissima* (Mill.) Swing.) inhibent significativement à  $P < 0.05$  la longueur de la racine et la longueur de la partie aérienne de *B. madritensis*. Pour la germination, elle n'est inhibée significativement que par les extraits de *P. harmala* 3 % et 5 % en comparaison avec le témoin.

#### L'effet sur la germination

Les extraits de *P. harmala* à 3 % et 5 % de concentrations présentent un pourcentage d'inhibition élevé, il est plus de 45 % et 80 %. Pour le reste des extraits, les pourcentages d'inhibition de la germination de *B. madritensis* ne dépassent guère les 10 % comme il est montré dans la figure 2.

#### L'effet sur la longueur de la racine et la longueur de la partie aérienne

Les extraits de *P. harmala* aux trois concentrations montrent un effet inhibiteur élevé sur la longueur de la racine et la longueur de la partie aérienne. Une inhibition de 100 % et 98 % est obtenue pour la LR et la LPA respectivement à la concentration 5 %. Pour les deux autres espèces, les pourcentages d'inhibition à la concentration 1 % sont faibles. Ils ont des valeurs qui n'atteignent pas les 50% pour la LR et les 30 % pour la LPA. Par contre, les pourcentages d'inhibition sont plus élevés et ils dépassent les 75 % et 45 % (fig. 2) pour des concentrations plus élevées.

Les résultats montrent une augmentation de l'effet inhibiteur lorsque la concentration des extraits des plantes augmente. Cette augmentation est observée pour la germination des graines et pour le développement des plantules de *B. madritensis*. Tous les extraits inhibent la longueur de la racine plus que la longueur de la partie aérienne.

### 3.1.1.3. Effet sur la passerage drave (*Cardaria draba* (L.) Desv.)

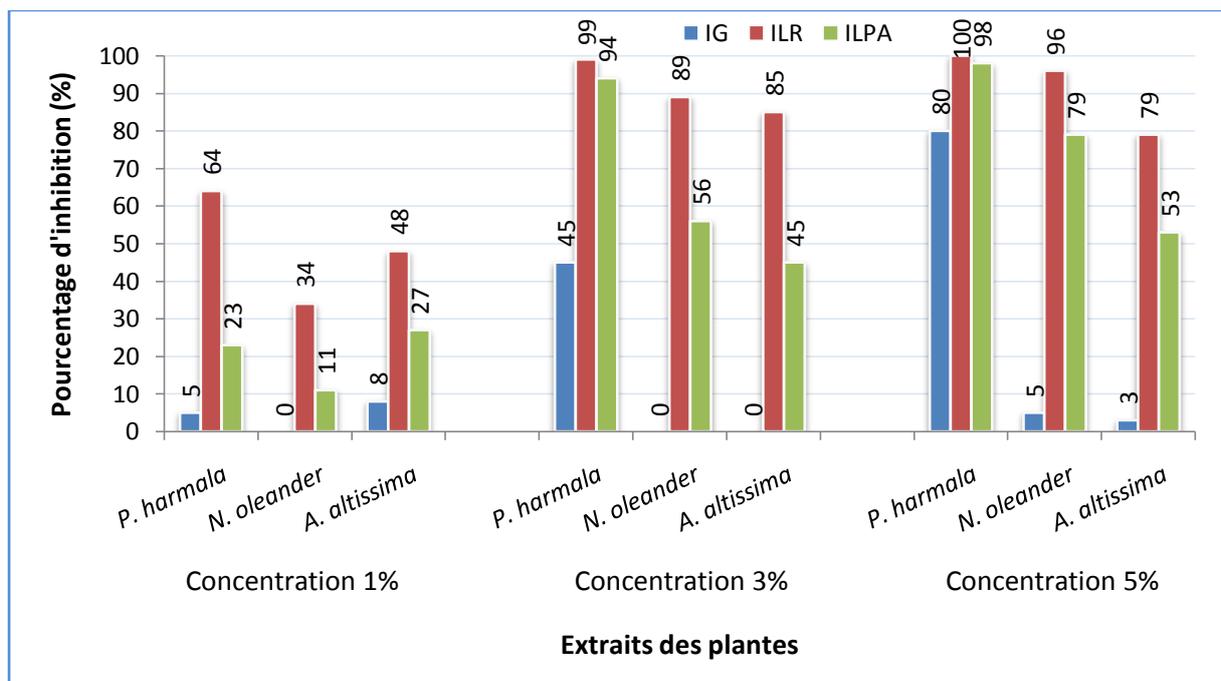
L'analyse de variance (tab. 3) indique que le pourcentage de germination (PG) de *C. draba* est significativement affectée à  $P < 0.001$  par les deux facteurs espèce allélopathique

**Tableau 2.** Effet des extraits d'harmale, laurier rose et d'ailante sur la longueur de la racine (LR), la longueur de la partie aérienne (LPA) et le pourcentage de germination (PG) de *Bromus madritensis* L.

Espèce Allélopathique	Concentration		LR (cm)	LPA (cm)	PG (%)
	Témoin	0%	7,1a	8,0a	100a
<i>P. harmala</i>		1 %	2,5d	6,1c	95a
		3 %	0,0h	0,4g	55b
		5 %	0,0h	0,1g	20c
<i>N. oleander</i>		1 %	4,6b	7,1b	100a
		3 %	0,7g	3,5e	100a
		5 %	0,2h	1,6f	95a
<i>A. altissima</i>		1 %	3,7c	5,8c	93a
		3 %	1,0f	4,4d	100a
		5 %	1,4e	3,8e	98a
Analyse de variance ANOVA	Espèce allélopathique (E)		***	***	***
	Concentration (C)		***	***	***
	Interaction (E × C)		***	***	***

Les moyennes suivies par la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes selon le test Fischer LSD à  $P < 0.05$ .

\*\*\*Signification à  $P < 0.001$



**Figure 2.** Effet inhibiteur des extraits de *P. harmala* L., *N. oleander* L. et *A. altissima* (Mill.) Swing. aux concentrations 1 %, 3 % et 5 % sur la germination (IG), la longueur de la racine (ILR) et la longueur de la partie aérienne (ILPA) de *Bromus madritensis* L.

et concentration et par l'interaction espèce allélopathique  $\times$  concentration. L'ANOVA indique aussi que la longueur de la racine et la longueur de la partie aérienne sont affectées à  $P < 0.001$  par le facteur concentration et par l'interaction espèce allélopathique  $\times$  concentration (la LR est affectée par l'interaction à  $P < 0.05$ ).

La comparaison des moyennes (tab. 3) indique que les extraits des 3 espèces allélopathiques inhibent significativement à  $P < 0.05$  la germination, la Longueur de la racine et la Longueur de la partie aérienne de *C. draba* en comparaison avec le témoin.

### **Effet sur la germination**

Nous remarquons qu'à une concentration de 1 %, le pourcentage d'inhibition le plus élevé de la germination est obtenu pour l'extrait d'*A. altissima*. A des concentrations plus élevée, les extraits de *P. harmala* sont les plus inhibiteurs, ils inhibent la germination de *B. madritensis* totalement. L'effet inhibiteur de *N. oleander* est le plus faible, il est moins de 40 % à des concentrations de 1 % et 3 % et moins de 70 % à la concentration 5 % (fig. 3).

### **Effet sur la longueur de la racine et la longueur de la partie aérienne**

Les résultats obtenus montrent que les pourcentages d'inhibition de tous les extraits sont élevés, ils sont en général plus de 45 % et ils dépassent même 97 % à la concentration 5 % (fig. 3). Nous remarquons que l'effet inhibiteur des extraits d'*A. altissima* à faible concentration est élevé par rapport aux deux autres espèces.

En générale, les trois plantes possèdent un effet inhibiteur élevé sur la germination et le développement de *C. draba*. Cet effet est plus prononcé aux concentration 3 % et 5 %.

#### **3.1.1.4. Effet sur la camomille brunâtre (*Chamaemelum fuscatum* (Brot.) Vasc.)**

L'analyse de variance (tab. 4) indique que la germination et la longueur de la partie aérienne de *Chamaemelum fuscatum* (Brot.) Vasc. sont significativement affectées à  $P < 0.001$  par les facteurs espèce allélopathique, concentration et l'interaction espèce allélopathique  $\times$  concentration. La longueur de la racine est affectée significativement par le facteur concentration à  $P < 0.001$  et par le facteur espèce allélopathique à  $P < 0.05$ .

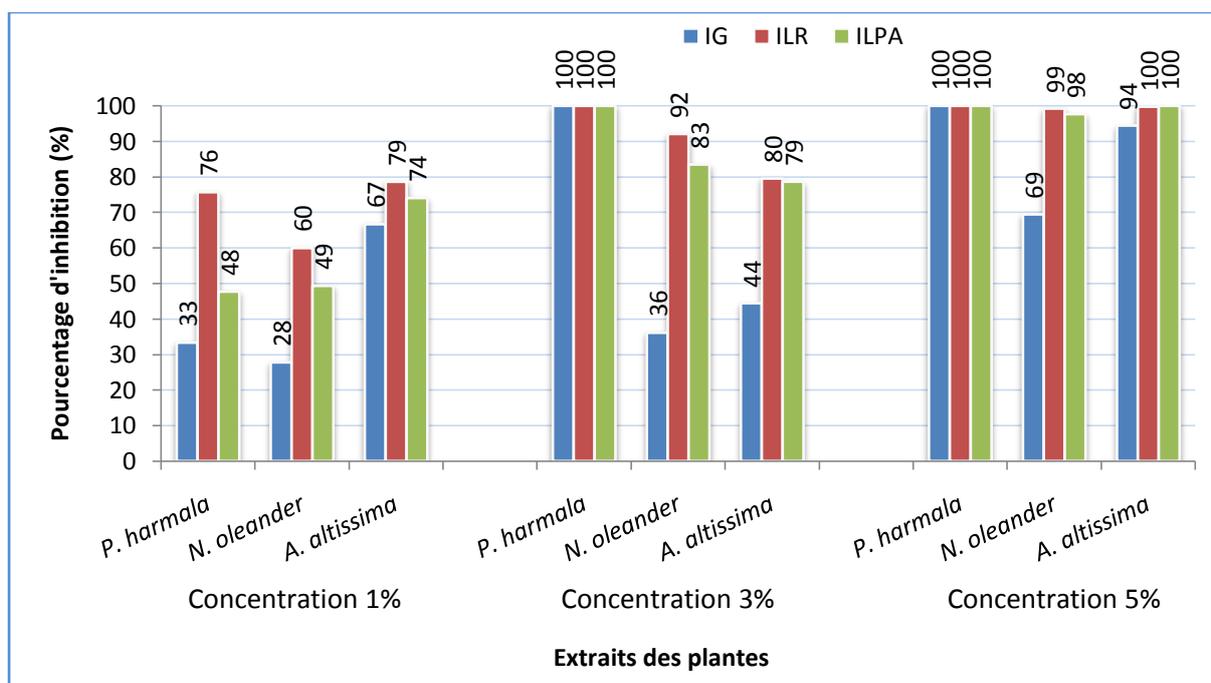
Selon la comparaison des moyennes (tab. 4), tous les extraits des trois espèces allélopathiques inhibent significativement la longueur de la racine en comparaison avec le témoin. L'effet des extraits sur la germination et la LPA varie d'un extrait à un autre. L'extrait

**Tableau 3.** Effet des extraits de *Peganum harmala* L., *Nerium oleander* L. et *Ailanthus altissima* (Mill.) Swing. sur la longueur de la racine (LR), la longueur de la partie aérienne (LPA) et le pourcentage de germination (PG) de *C. draba* (L.) Desv.

Espèce Allélopathique	Concentration		LR (cm)	LPA (cm)	PG (%)
	Témoin	0%	4,17a	3,10a	90,0a
<i>P. harmala</i>		1 %	1,01c	1,62b	60,0bc
		3 %	0,00e	0,00d	0,0e
		5 %	0,00e	0,00d	0,0e
<i>N. oleander</i>		1 %	1,67b	1,57b	65,0b
		3 %	0,33de	0,51c	57,5bc
		5 %	0,03e	0,07d	27,5d
<i>A. altissima</i>		1 %	0,89c	0,81c	30,0d
		3 %	0,85cd	0,66c	50,0c
		5 %	0,01e	0,00d	5,0e
Analyse de variance ANOVA	Espèce allélopathique (E)		NS	NS	***
	Concentration (C)		***	***	***
	Interaction (E × C)		*	***	***

Les moyennes suivies par la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes selon le test Fischer LSD à  $P < 0.05$ .

\*Signification à  $P < 0.05$ . \*\*\*Signification à  $P < 0.001$ . NS, non significatif.



**Figure 3.** Effet inhibiteur des extraits de *P. harmala* L., *N. oleander* L. et *A. altissima* (Mill.) Swing. aux concentrations 1 %, 3 % et 5 % sur la germination (IG), la longueur de la racine (ILR) et la longueur de la partie aérienne (ILPA) de *Cardaria draba* (L.) Desv..

de *N. oleander* 1 % n'a pas d'effet significatif sur la LPA et les extraits de *P. harmala* 1 % et *N. oleander* 3 % n'ont pas aussi d'effet significatif sur la germination (tab. 4).

### **L'effet sur la germination**

Nous remarquons que l'effet inhibiteur des trois espèces est très élevé à la concentration 5 % (plus de 80 %). L'espèce *A. altissima* aux trois concentrations montre un effet inhibiteur élevé (fig. 4), il a une valeur supérieure à 60 %. L'inhibition de la germination de *C. fuscatum* par les extraits de *P. harmala* est totale à des concentrations de 3 % et 5 %. La valeur de cette inhibition est de 19 % à la concentration 1 %. *N. oleander* stimule légèrement la germination à la concentration de 1 %.

### **L'effet sur la longueur de la racine et la longueur de la partie aérienne**

Les résultats obtenus montrent que la concentration de 5 % des extraits des trois espèces présente un effet inhibiteur très élevé (plus de 90 %) sur la LR et la LPA. A des concentrations de 3 % et 1 %, l'effet inhibiteur de *P. harmala* et *A. altissima* est élevé par contre l'effet de *N. oleander* est faible et ne dépasse pas 35 % pour la LPA (fig. 4).

En générale, à une concentration élevée (5 %), le pouvoir inhibiteur des trois espèces allélopathiques est très élevé sur la germination et sur le développement des plantules de *C. fuscatum*. A faibles concentrations (1 %), le pouvoir inhibiteur de *N. oleander* est faible par rapport à celui de *P. harmala* et *A. altissima*.

#### **3.1.1.5. Effet sur la roquette bâtarde (*Hirschfeldia incana* (L.) Lagr. Foss.)**

L'analyse de variance (tab. 5) indique que la germination des graines de *Hirschfeldia incana* (L.) Lagr. Foss. et sa longueur de la partie aérienne (LPA) sont significativement affectés à  $P < 0.001$  par les facteurs concentration, espèce allélopathique et par l'interaction espèce allélopathique  $\times$  concentration alors que la longueur de la racine (LR) n'est affectée que par le facteur concentration.

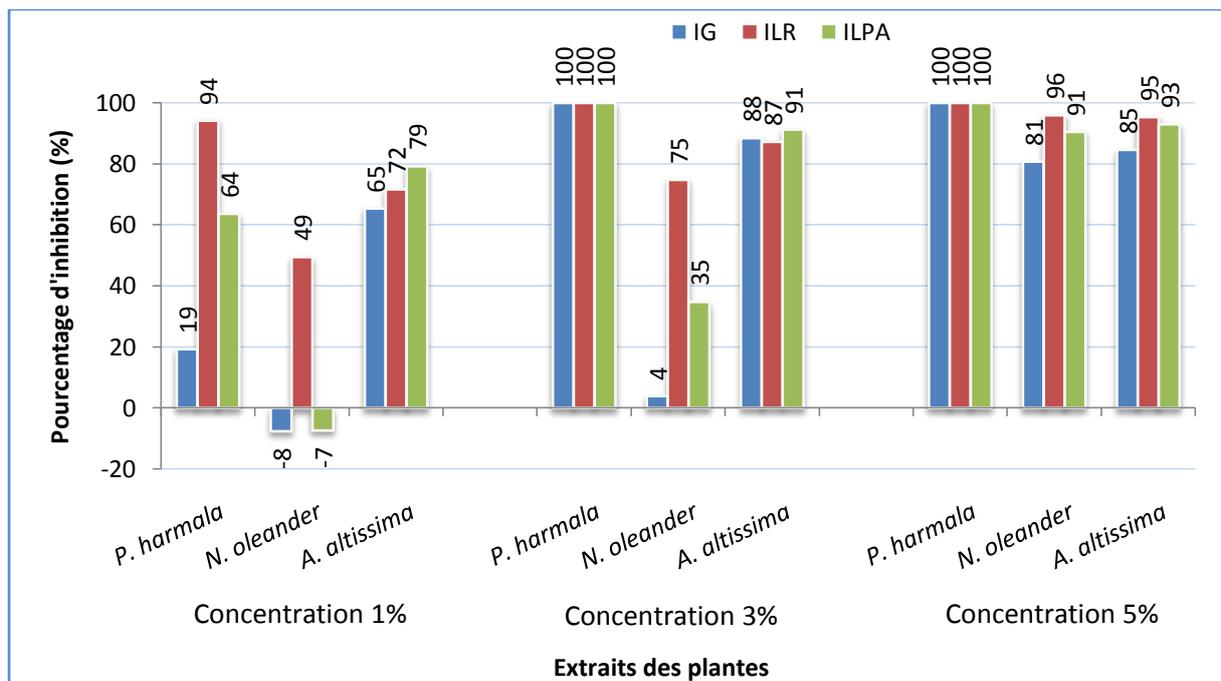
La comparaison des moyennes (tab. 5) montre que les extraits des 3 espèces allélopathiques inhibent la longueur de la racine de *H. incana*. Ils inhibent aussi la longueur de la partie aérienne et la germination sauf l'extrait de *P. harmala* 1 %.

**Tableau 4.** Effet des extraits de *Peganum harmala* L., *Nerium oleander* L. et *Ailanthus altissima* (Mill.) Swing. sur la longueur de la racine (LR), la longueur de la partie aérienne (LPA) et le pourcentage de germination (PG) de *Chamaemelum fuscatum* (Brot.) Vasc.

Espèce Allélopathique	Concentration		LR (cm)	LPA (cm)	PG (%)
	Témoin	0%	2,5a	2,2a	65a
<i>P. harmala</i>		1 %	0,1c	0,8c	52,5a
		3 %	0c	0e	0c
		5 %	0c	0e	0c
<i>N. oleander</i>		1 %	1,3bc	2,4a	70a
		3 %	0,6b	1,4b	62,5a
		5 %	0,1c	0,2de	12,5bc
<i>A. altissima</i>		1 %	0,4c	0,6cd	22,5b
		3 %	0,1c	0,3cde	7,5bc
		5 %	0,1c	0,2de	10bc
Analyse de variance ANOVA	Espèce allélopathique (E)		*	***	***
	Concentration (C)		***	***	***
	Interaction (E × C)		NS	***	***

Les moyennes suivies par la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes selon le test Fischer LSD à  $P < 0.05$ .

\*Signification à  $P < 0.05$ . \*\*\*Signification à  $P < 0.001$ . NS, non significatif.



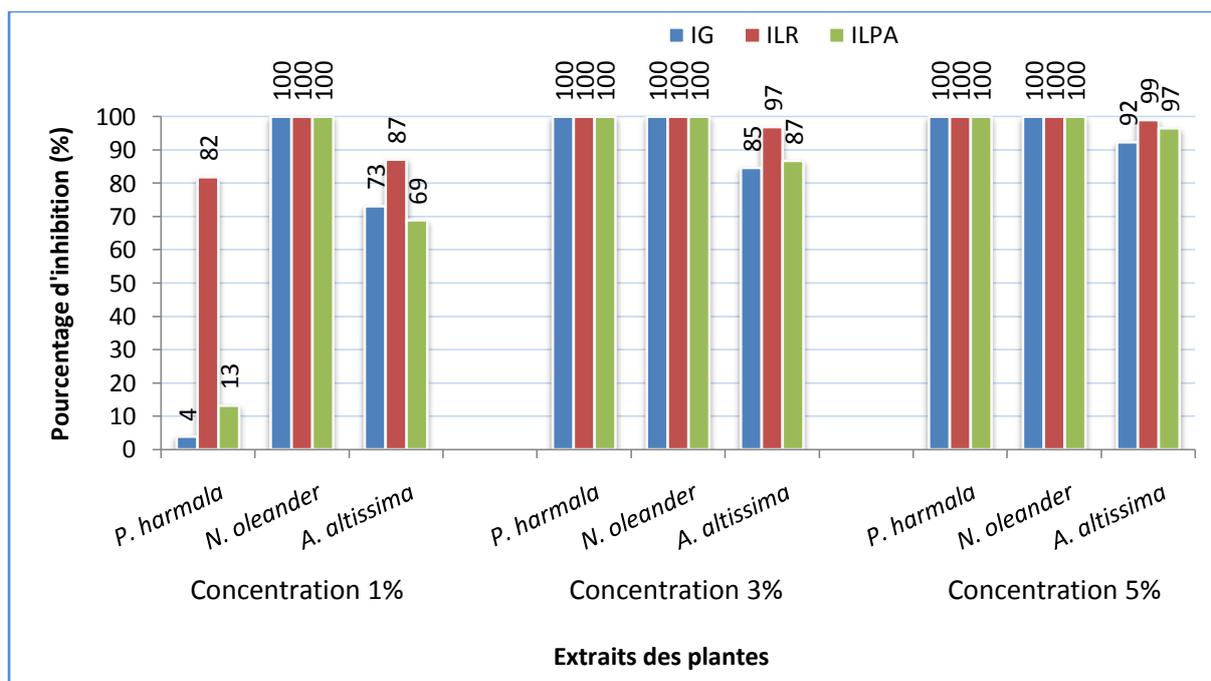
**Figure 4.** Effet inhibiteur des extraits de *P. harmala* L., *N. oleander* L. et *A. altissima* (Mill.) Swing. aux concentrations 1 %, 3 % et 5 % sur la la germination (IG), longueur de la racine (ILR) et la longueur de la partie aérienne (ILPA) de *C. fuscatum* (Brot.) Vasc.

**Tableau 5.** Effet des extraits de *Peganum harmala* L., *Nerium oleander* L. et *Ailanthus altissima* (Mill.) Swing. sur la longueur de la racine (LR), la longueur de la partie aérienne (LPA) et le pourcentage de germination (PG) de *H. incana* (L.) Lagr. Foss.

Espèce Allélopathique	Concentration		LR (cm)	LPA (cm)	PG (%)
	Témoin	0%	2,0a	65,0a	1,8a
<i>P. harmala</i>		1 %	1,8b	62,5a	0,3a
		3 %	0,0c	0,0c	0,0c
		5 %	0,0c	0,0c	0,0c
<i>N. oleander</i>		1 %	0,0c	0,0c	0,0c
		3 %	0,0c	0,0c	0,0c
		5 %	0,0c	0,0c	0,0c
<i>A. altissima</i>		1 %	0,6bc	17,5b	0,2b
		3 %	0,3bc	10,0c	0,06bc
		5 %	0,1c	5,0c	0,02c
Analyse de variance ANOVA	Espèce allélopathique (E)		NS	***	***
	Concentration (C)		***	***	***
	Interaction (E × C)		NS	***	***

Les moyennes suivies par la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes selon le test Fischer LSD à  $P < 0.05$ .

\*\*\* Signification à  $P < 0.001$ . NS, non significatif.



**Figure 5.** Effet inhibiteur des extraits de *P. harmala* L., *N. oleander* L. et *A. altissima* (Mill.) Swing. aux concentrations 1 %, 3 % et 5 % sur la germination (IG), la longueur de la racine (ILR) et la longueur de la partie aérienne (ILPA) de *H. incana* (L.) Lagr. Foss.

### **L'effet sur la germination, la longueur de la racine et la longueur de la partie aérienne**

Nous remarquerons qu'à l'exception de l'extrait de *P. hamala* 1 %, tous les extraits inhibent fortement la germination et le développement des plantules de *H. incana*. Les résultats obtenus (fig. 5) montrent que cinq extraits sur les neuf utilisés inhibent totalement la germination. L'inhibition de la germination par l'extrait de *P. harmala* 1 % est très faible, elle est de 4 % et l'inhibition de la LPA est forte et elle est de 82 %.

#### **3.1.1.6. Effet sur l'orge des rats (*Hordeum murinum* L.)**

L'analyse de variance (tab. 6) indique que la germination, la longueur de la racine et la longueur de la partie aérienne d'*H. murinum* L. sont significativement affectés à  $P < 0.001$  par les deux facteurs espèce allélopathique et la concentration et par l'interaction espèce allélopathique  $\times$  concentration.

La comparaison des moyennes (tab. 6) indique que la germination est inhibée significativement à  $P < 0.05$  par les extraits de *P. harmala* 3 % et 5 % et par l'extrait d'*A. altissima* 5 %. Les deux extraits d'*A. altissima* à 1 % et 3 % n'affectent pas significativement la longueur de la partie aérienne. Cependant, tous les extraits inhibent significativement la longueur de la racine en comparaison avec le témoin.

#### **L'effet sur la germination**

Nous remarquons que l'effet inhibiteur de l'extrait de *P. harmala* à 5 % sur la germination d'*H. murinum* est élevé (77 %). Pour les autres extraits, les pourcentages d'inhibition sont très faibles et ils ne dépassent pas 21% (fig. 6).

#### **L'effet sur la longueur de la racine et la longueur de la partie aérienne**

Nous remarquons qu'aux différentes concentrations, les pourcentages d'inhibition les plus élevés de la LR et la LPA sont obtenus par les extraits de *P. harmala* et ils varient de 53 % à 100 % (fig. 6). Pour les deux autres espèces *N. oleander* et *A. altissima*, à des concentrations de 3 % et 1 % l'effet inhibiteur de *N. oleander* est plus élevé par rapport à l'effet d'*A. altissima*, par contre, à la concentration de 5 % c'est l'effet d'*A. altissima* qui est plus élevé.

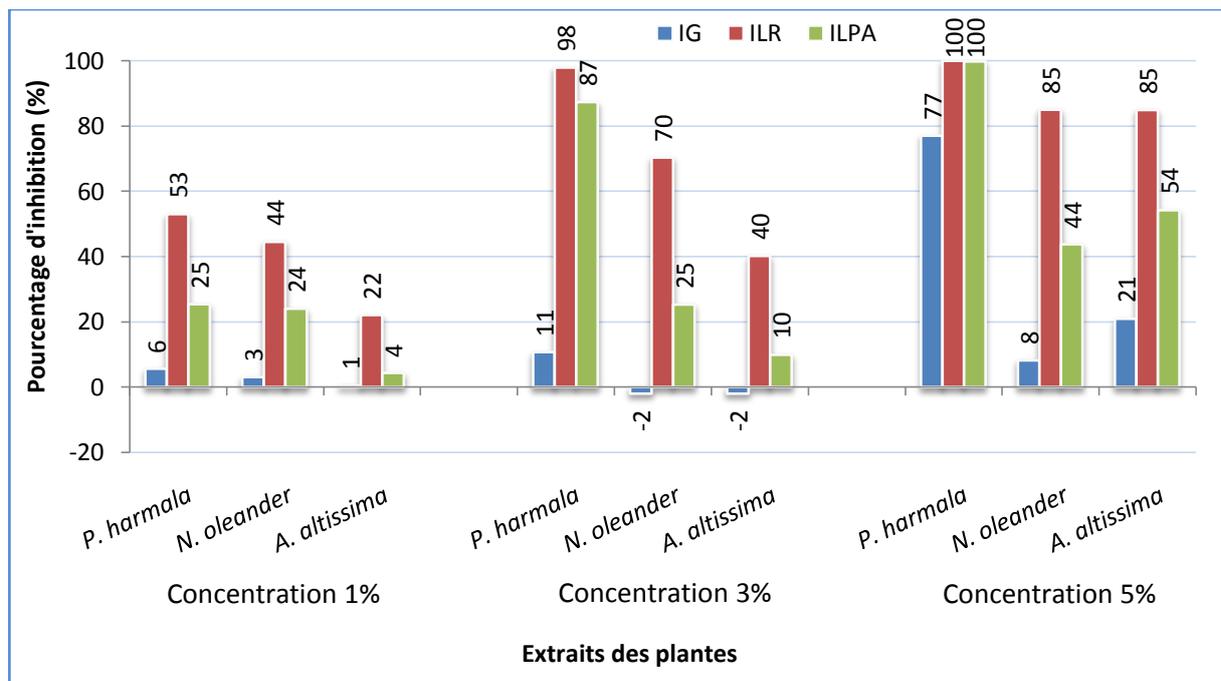
En générale, les résultats obtenus montrent que la germination de l'orge des rats n'est pas affectée à basse concentration des extraits. Ils montrent aussi que l'inhibition de la longueur de

**Tableau 6.** Effet des extraits de *Peganum harmala* L., *Nerium oleander* L. et *Ailanthus altissima* (Mill.) Swing. sur la longueur de la racine (LR), la longueur de la partie aérienne (LPA) et le pourcentage de germination (PG) d'*Hordeum murinum* L.

Espèce Allélopathique	Concentration	LR (cm)	LPA (cm)	PG (%)	
	Témoin	0%	10,4a	9,3a	97,5a
<i>P. harmala</i>	1 %	4,9d	6,9b	92,5ab	
	3 %	0,2g	1,2d	87,5b	
	5 %	0,0g	0,0d	22,5c	
<i>N. oleander</i>	1 %	5,8cd	7,0b	95,0ab	
	3 %	3,1e	6,9b	100a	
	5 %	1,5f	5,2c	90,0ab	
<i>A. altissima</i>	1 %	8,1b	8,9a	97,5a	
	3 %	6,2c	8,4a	100a	
	5 %	1,6f	4,3c	77,5c	
Analyse de variance ANOVA	Espèce allélopathique (E)		***	***	***
	Concentration (C)		***	***	***
	Interaction (E × C)		***	***	***

Les moyennes suivies par la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes selon le test Fischer LSD à  $P < 0.05$ .

\*\*\* Signification à  $P < 0.001$ .



**Figure 6.** Effet inhibiteur des extraits de *P. harmala* L., *N. oleander* L. et *A. altissima* (Mill.) Swing. aux concentrations 1 %, 3 % et 5 % sur la germination (IG), la longueur de la racine (ILR) et la longueur de la partie aérienne (ILPA) de *Hordeum murinum* L.

la racine est plus élevée que celle de la longueur de la partie aérienne et l'effet inhibiteur des trois espèces allélopathiques augmente lorsque la concentration des extraits accroît.

#### **3.1.1.7. Effet sur la bassie à balais (*Kochia scoparia* (L.) Schrad.)**

L'analyse de variance (tab. 7) indique que la longueur de la racine et la longueur de la partie aérienne de *Kochia scoparia* (L.) Schrad. sont significativement affectées à  $P < 0.001$  par les deux facteurs espèces allélopathique et concentration et par l'interaction espèce allélopathique  $\times$  concentration alors que la germination n'est pas significativement affectée.

La comparaison des moyennes (tab. 7) montre que tous les extraits des trois espèces allélopathiques inhibent significativement à  $P < 0.05$  la longueur de la racine et la longueur de la partie aérienne alors qu'ils n'affectent pas la germination.

##### **L'effet sur la germination**

L'effet des extraits sur la germination n'est pas significatif (entre -3 % et 5 %).

##### **L'effet sur la longueur de la racine**

Nous remarquons que les pourcentages d'inhibition de la LR sont élevés et ils dépassent 55 % (fig. 7), les extraits de *P. harmala* sont les plus inhibiteurs. Pour la LPA, *P. harmala* aux concentrations 3 % et 5 % montre un effet inhibiteur élevé (plus de 80 %) et la concentration 1 % des trois espèces présente un effet inhibiteur inférieur à 40 %.

D'une façon générale, la germination des graines de *K. scoparia* n'est pas affectée alors que le développement des plantules est inhibé considérablement par les trois espèces allélopathiques en particulier la partie racinaire. L'inhibition est plus prononcée à des concentrations élevées des extraits.

#### **3.1.1.8. Effet sur la luzerne orbiculaire *Medicago orbicularis* (L.) Bartal.**

L'analyse de variance (tab. 8) indique que la longueur de la racine, la longueur de la partie aérienne et la germination de *Medicago orbicularis* (L.) Bartal. sont significativement affectés à  $P < 0.001$  par les deux facteurs espèce allélopathique et concentration et par l'interaction espèce allélopathique  $\times$  concentration.

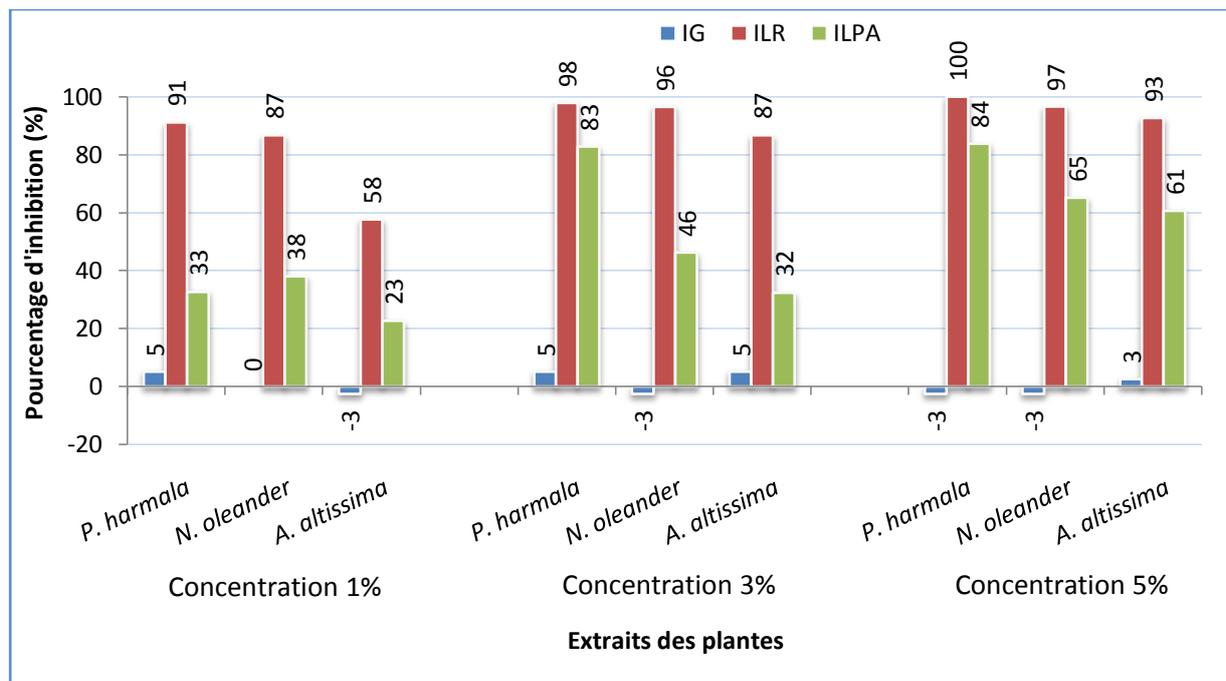
La comparaison des moyennes (tab. 8) indique que tous les extraits des 3 espèces allélopathiques (*Peganum harmala* L., *Nerium oleander* L. et *Ailanthus altissima* (Mill.) Swing.) possèdent un effet significatif à  $P < 0.05$  sur la longueur de la racine et la longueur de

**Tableau 7.** Effet des extraits de *Peganum harmala* L., *Nerium oleander* L. et *Ailanthus altissima* (Mill.) Swing. sur le pourcentage de germination (PG), la longueur de la racine (LR) et la longueur de la partie aérienne (LPA) de *Kochia scoparia* (L.) Schrad.

Espèce Allélopathique	Concentration	LR (cm)	LPA (cm)	PG (%)	
	Témoin	0%	3,1a	2,6a	97,5a
<i>P. harmala</i>	1 %	0,3cd	1,7c	92,5a	
	3 %	0,1f	0,4f	92,5a	
	5 %	0,0f	0,4f	100a	
<i>N. oleander</i>	1 %	0,4c	1,6cd	97,5a	
	3 %	0,1ef	1,4d	100a	
	5 %	0,1ef	0,9e	100a	
<i>A. altissima</i>	1 %	1,3b	2,0b	100a	
	3 %	0,4c	1,8c	92,5a	
	5 %	0,2de	1,0e	95,0a	
Analyse de variance ANOVA	Espèce allélopathique (E)		***	***	NS
	Concentration (C)		***	***	NS
	Interaction (E × C)		***	***	NS

Les moyennes suivies par la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes selon le test Fischer LSD à  $P < 0.05$ .

\*\*\* Signification à  $P < 0.001$ . NS, non significatif



**Figure 7.** Effet inhibiteur des extraits de *P. harmala* L., *N. oleander* L. et *A. altissima* (Mill.) Swing. aux concentrations 1 %, 3 % et 5 % sur la germination (IG), la longueur de la racine (ILR) et la longueur de la partie aérienne (ILPA) de *Kochia scoparia* (L.) Schrad..

la partie aérienne. Cet effet se manifeste par une inhibition ou par une stimulation. Pour la germination des graines, l'inhibition est significative seulement pour les extraits de *P. harmala*.

### **L'effet sur la germination**

Les résultats obtenus montrent que *P. harmala* est la seule plante inhibitrice de la germination de *M. orbicularis*. Elle inhibe totalement la germination à des concentrations de 3% et 5 % (fig. 8).

### **L'effet sur la longueur de la racine et la longueur de la partie aérienne**

Nous remarquons que l'effet de la majorité des extraits (8 sur 9) sur la longueur de la racine est élevé, il est plus de 50 %. Nous constatons aussi une stimulation de la LPA à la concentration 1 % par les extraits des espèces *N. oleander* et *A. altissima*, à cette même concentration l'extrait de *P. harmala* inhibe la LPA avec un pourcentage de 57 % (fig. 8).

Les tests de l'effet des trois espèces allélopathiques que nous avons effectués sur la luzerne orbiculaire montrent que la germination des graines n'est sensible qu'aux extraits de *P. harmala*. Cependant, les trois plantes affectent significativement le développement des plantules. La partie racinaire est plus affectée que la partie aérienne.

#### **3.1.1.9. Effet sur le chardon-marie (*Silybum marianum* (L.) Gaertn.)**

L'analyse de variance (tab. 9) indique que la germination de *Silybum marianum* (L.) Gaertn. et le développement de leur plantules (LR et LPA) sont significativement affectés à  $P < 0.001$  par les deux facteurs espèce allélopathique et concentration et par l'interaction esp. Allélopathique  $\times$  concentration (la germination est affecté significativement à  $P < 0.05$  par le facteur espèce allélopathique).

La comparaison des moyennes (tab. 9) indique que la majorité des extraits affectent significativement les trois variables étudiés (PG, LR et LPA). Les extraits de *P. harmala* 1 % et d'*A. altissima* 3% n'affectent pas la longueur de la racine et l'extrait de *N. oleander* 1 % n'affecte pas la LPA. La germination est affectée seulement par les extraits de *P. harmala* 5 %, *N. oleander* 3 % et *N. oleander* 5 %.

### **L'effet sur la germination**

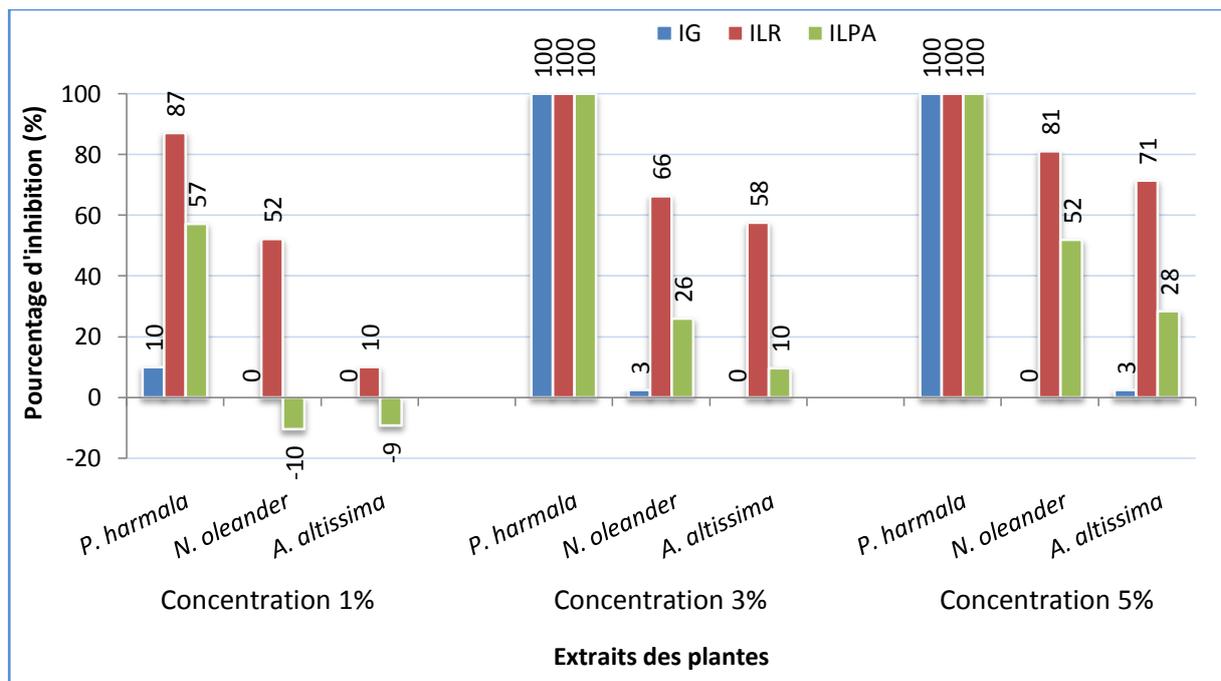
L'inhibition la plus élevée que nous avons obtenu est observée pour *P. harmala* à la concentration 5 %. A la concentration 1 %, l'extrait de *P. harmala* stimule légèrement (-8 %) la

**Tableau 8.** Effet des extraits de *Peganum harmala* L., *Nerium oleander* L. et *Ailanthus altissima* (Mill.) Swing. sur la longueur de la racine (LR), la longueur de la partie aérienne (LPA) et le pourcentage de germination (PG) de *Medicago orbicularis* (L.) Bartal.

Espèce Allélopathique	Concentration		LR (cm)	LPA (cm)	PG (%)
	Témoin	0%	5,0a	4,8b	100a
<i>P. harmala</i>		1 %	0,7e	2,1e	90,0b
		3 %	0,0f	0,0f	0,0c
		5 %	0,0f	0,0f	0,0c
<i>N. oleander</i>		1 %	2,4c	5,3a	100a
		3 %	1,7d	3,6d	97,5a
		5 %	1,0e	2,3e	100a
<i>A. altissima</i>		1 %	4,5b	5,3a	100a
		3 %	2,1c	4,4c	100a
		5 %	1,4d	3,5d	97,5a
Analyse de variance ANOVA	Espèce allélopathique (E)		***	***	***
	Concentration (C)		***	***	***
	Interaction (E × C)		***	***	***

Les moyennes suivies par la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes selon le test Fischer LSD à  $P < 0.05$ .

\*\*\* Signification à  $P < 0.001$ .



**Figure 8.** Effet inhibiteur des extraits de *P. harmala* L., *N. oleander* L. et *A. altissima* (Mill.) Swing. aux concentrations 1 %, 3 % et 5 % sur la germination (IG), la longueur de la racine (ILR) et la longueur de la partie aérienne (ILPA) de *Medicago orbicularis* (L.) Bartal.

germination. L'inhibition de la germination par les espèces *N. oleander* et *A. altissima* à différentes concentrations est faible et elle est moins de 33 %.

#### **L'effet sur la longueur de la racine et la longueur de la partie aérienne**

Les pourcentages d'inhibition les plus élevés de la LR et la LPA sont obtenus par les extraits de *P. harmala* et *N. oleander* aux concentrations 3 % et 5 %, ils dépassent 70 % pour la LR et 48 % pour la LPA. En ce qui concerne l'espèce *A. altissima*, à la concentration 1 % la LR et la LPA sont stimulées (-6 % et -23 % respectivement), à des concentrations plus élevées, la stimulation de la LPA augmente (dépassé -30 %) par contre la LR est toujours inhibée (inhibition inférieur à 16 %). La stimulation la plus élevée de la LPA est obtenue par l'extrait de *P. harmala* 1 % et sa valeur est de -53 % (fig. 9).

Les résultats que nous avons obtenus montrent que l'effet inhibiteur des trois espèces allélopathique sur la germination et le développement de *B. madritensis* est faible à une concentration faible (1%). A des concentrations plus élevées, cette effet est important pour les espèces *P. harmala* et *N. oleander* par contre il reste faible pour *A. altissima*. Cette dernière espèce montre une stimulation importante du développement de la partie aérienne.

#### **3.1.1.10. Effet sur la vaccaire d'Espagne (*Vaccaria hispanica* (Mill.) Rausch.)**

L'analyse de variance (tab. 10) indique que la germination de *Vaccaria hispanica* (Mill.) Rausch. est significativement affectée à  $P < 0.001$  par les deux facteurs espèces allélopathique et concentration et par l'interaction espèce allélopathique  $\times$  concentration alors que la longueur de la racine et la longueur de la partie aérienne ne sont affectée significativement que par le facteur concentration.

La comparaison des moyennes (tab. 10) indique que tous les extraits des 3 espèces allélopathiques inhibent significativement à  $P < 0.05$  la longueur de la racine et la longueur de la partie aérienne de *V. hispanica*. La germination n'est pas affectée par deux extraits (*N. oleander* 1 % et *A. altissima* 3 %) par contre elle est inhibée significativement par les autres extraits.

#### **L'effet sur la germination, la longueur de la racine et la longueur de la partie aérienne**

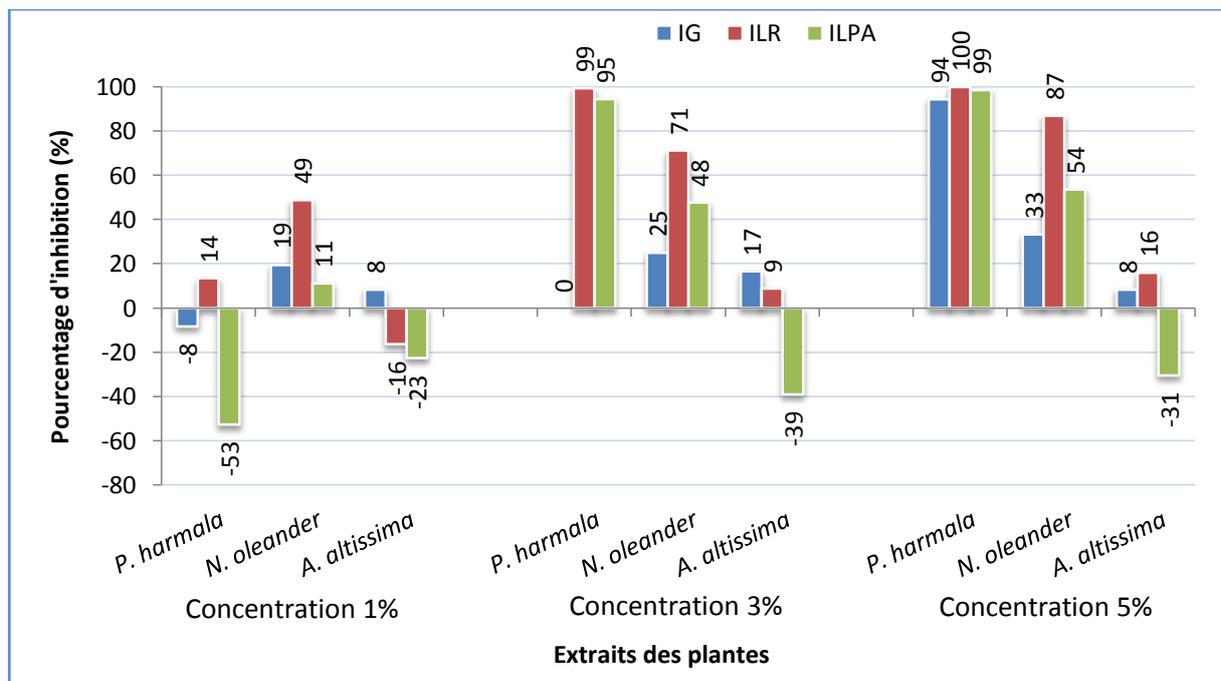
L'espèce *P. harmala* aux trois concentrations (1 %, 3 % et 5 %) montre une inhibition totale de la germination (fig. 10). Pour les deux autres espèces l'inhibition est en générale

**Tableau 9.** Effet des extraits de *Peganum harmala* L., *Nerium oleander* L. et *Ailanthus altissima* (Mill.) Swing. sur la longueur de la racine (LR), la longueur de la partie aérienne (LPA) et le pourcentage de germination (PG) de *Silybum marianum* (L) Gaertn.

Espèce Allélopathique	Concentration		LR (cm)	LPA (cm)	PG (%)
	Témoin	0%	12,5b	2,9c	90,0ab
<i>P. harmala</i>		1 %	10,8bc	4,4a	97,5a
		3 %	0,1f	0,2e	90,0ab
		5 %	0,0f	0,0e	5,0e
<i>N. oleander</i>		1 %	6,4d	2,6c	72,5bcd
		3 %	3,6e	1,5d	67,5cd
		5 %	1,6f	1,3d	60,0d
<i>A. altissima</i>		1 %	14,6a	3,5b	82,5abc
		3 %	11,4bc	4,0ab	75,0bcd
		5 %	10,5c	3,8b	82,5abc
Analyse de variance ANOVA	Espèce allélopathique (E)		***	***	***
	Concentration (C)		***	***	*
	Interaction (E × C)		***	***	***

Les moyennes suivies par la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes selon le test Fischer LSD à  $P < 0.05$ .

\* Signification à  $P < 0.05$ . \*\*\* Signification à  $P < 0.001$ .



**Figure 9.** Effet inhibiteur des extraits de *P. harmala* L., *N. oleander* L. et *A. altissima* (Mill.) Swing. aux concentrations 1 %, 3 % et 5 % sur la germination (IG), la longueur de la racine (ILR) et la longueur de la partie aérienne (ILPA) de *Silybum marianum* (L) Gaertn.

faible. Les pourcentages d'inhibition de la LR et la LPA obtenus par les extraits des trois espèces allélopathiques sont très élevés et ils dépassent 85 %.

Ces résultats montrent que la vaccaire d'Espagne est très sensible à l'effet des extraits en particulier ceux de *P. harmala*, cette dernière espèce inhibe totalement la germination des graines. Toutes les espèces allélopathiques inhibent fortement le développement des plantules.

#### **3.1.1.11. Effet sur la vesce commune (*Vicia sativa* L.)**

L'analyse de variance (tab. 11) indique que la longueur de la partie aérienne et la germination des graines de *Vicia sativa* L. sont significativement affectées à  $P < 0.001$  par les deux facteurs espèces allélopathique et concentration et par l'interaction espèce allélopathique  $\times$  concentration. La longueur de la racine est affectée significativement par la concentration et l'espèce allélopathique à  $P < 0.001$ , elle est affectée aussi par l'interaction à  $P < 0.05$ .

La comparaison des moyennes (tab. 11) indique que tous les extraits (sauf celui de *N. oleander* 1 %) inhibent significativement à  $P < 0.05$  la longueur de la racine. La germination est affectée par les trois extraits de *P. harmala* et les extraits de *N. oleander* 1 % et *A. altissima* 5 %. La longueur de la partie aérienne est affectée seulement par les trois extraits de *P. harmala*.

#### **L'effet sur la germination, la longueur de la racine et la longueur de la partie aérienne**

Aux trois concentrations, *P. harmala* montre un effet inhibiteur élevé sur la germination, la longueur de la racine et sur la longueur de la partie aérienne de *V. sativa*. Cet effet est supérieur à celui des deux autres espèces *N. oleander* et *A. altissima*. A la concentration 5 %, les pourcentages d'inhibition de la germination, la LR et la LPA sont supérieurs à 80 %. L'effet inhibiteur de *N. oleander* et d'*A. altissima* sur la germination et la LPA est faible et ne dépasse pas 26 % (fig. 11).

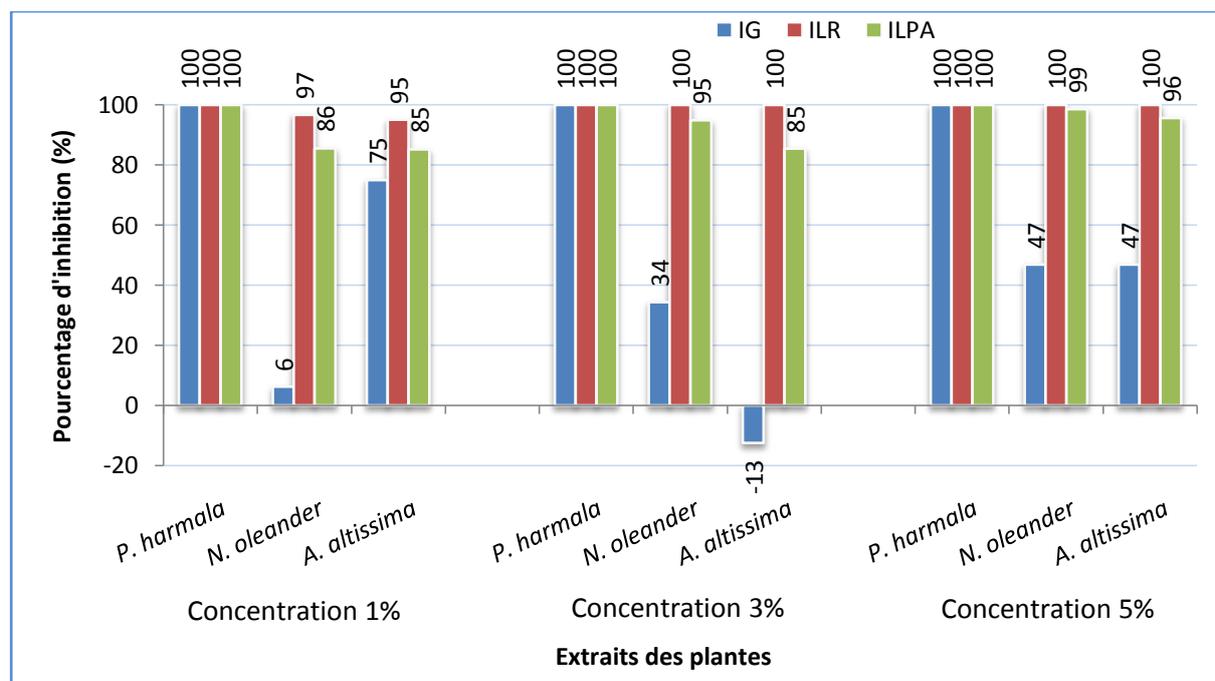
Nous remarquons que le pouvoir inhibiteur de *P. harmala* est élevé par rapport à celui des deux autres espèces. En générale, l'inhibition augmente lorsque la concentration des extraits augmente et l'inhibition de la longueur de la racine est plus élevée que celle de la longueur de la partie aérienne.

**Tableau 10.** Effet des extraits de *Peganum harmala* L., *Nerium oleander* L. et *Ailanthus altissima* (Mill.) Swing. sur la longueur de la racine (LR), la longueur de la partie aérienne (LPA) et le pourcentage de germination (PG) de *V. hispanica* (Mill.) Rausch.

Espèce Allélopathique	Concentration		LR (cm)	LPA (cm)	PG (%)
	Témoin	0%	5,5a	1,5a	80,0ab
<i>P. harmala</i>		1 %	0,0b	0,0b	0,0e
		3 %	0,0b	0,0b	0,0e
		5 %	0,0b	0,0b	0,0e
<i>N. oleander</i>		1 %	0,2b	0,2b	75,0b
		3 %	0,0b	0,1b	52,5c
		5 %	0,0b	0,0b	42,5c
<i>A. altissima</i>		1 %	0,3b	0,2b	20,0d
		3 %	0,0b	0,2b	90,0a
		5 %	0,0b	0,1b	42,5c
Analyse de variance ANOVA	Espèce allélopathique (E)		NS	NS	***
	Concentration (C)		***	***	***
	Interaction (E × C)		NS	NS	***

Les moyennes suivies par la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes selon le test Fischer LSD à  $P < 0.05$ .

\*\*\* Signification à  $P < 0.001$ . NS, non significatif .



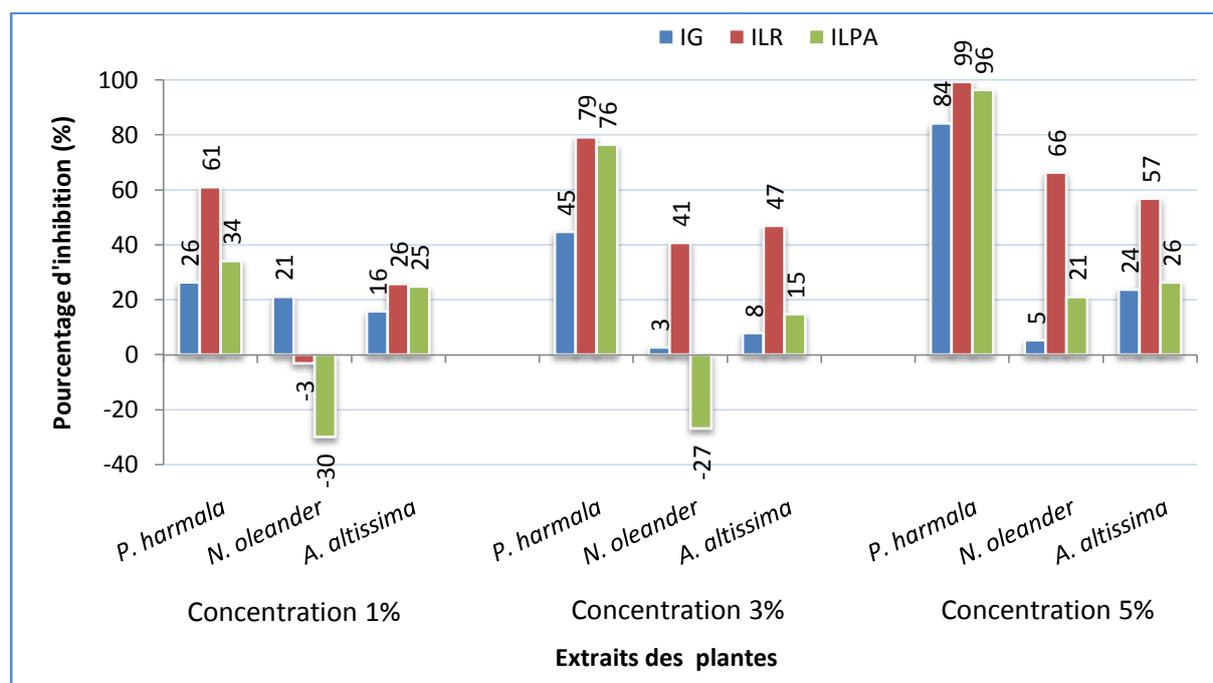
**Figure 10.** Effet inhibiteur des extraits de *P. harmala* L., *N. oleander* L. et *A. altissima* (Mill.) Swing. aux concentrations 1 %, 3 % et 5 % (sur la germination (IG), la longueur de la racine (ILR) et la longueur de la partie aérienne (ILPA) de *Vaccaria hispanica* (Mill.) Rausch.

**Tableau 11.** Effet des extraits de *Peganum harmala* L., *Nerium oleander* L. et *Ailanthus altissima* (Mill.) Swing. sur la longueur de la racine (LR), la longueur de la partie aérienne (LPA) et le pourcentage de germination (PG) de *Vicia sativa* L.

Espèce Allélopathique	Concentration		LR (cm)	LPA (cm)	PG (%)
	Témoin	0%	5,2a	4,2ab	95,0a
<i>P. harmala</i>		1 %	2,0cde	2,8c	70,0d
		3 %	1,1ef	1,0d	52,5e
		5 %	0,0f	0,2d	15,0f
<i>N. oleander</i>		1 %	5,4a	5,5a	75,0bcd
		3 %	3,1bc	5,4a	92,5a
		5 %	1,8de	3,4bc	90,0ab
<i>A. altissima</i>		1 %	3,9b	3,2bc	80,0abcd
		3 %	2,8bcd	3,6bc	87,5abc
		5 %	2,3cde	3,1bc	72,5cd
Analyse de variance ANOVA	Espèce allélopathique (E)		***	***	***
	Concentration (C)		***	***	***
	Interaction (E × C)		*	***	***

Les moyennes suivies par la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes selon le test Fischer LSD à  $P < 0.05$ .

\* Signification à  $P < 0.05$ . \*\*\* Signification à  $P < 0.001$ .



**Figure 11.** Effet inhibiteur des extraits de *P. harmala* L., *N. oleander* L. et *A. altissima* (Mill.) Swing. aux concentrations 1 %, 3 % et 5 % sur la germination (IG), la longueur de la racine (ILR) et la longueur de la partie aérienne (ILPA) de *Vicia sativa* L.

### 3.1.2. Effet sur les variétés de blé

#### 3.1.2.1. Effet sur le blé dur (*Triticum durum* Desf.) variété Bousselam

L'analyse de variance (tab. 12) indique que la longueur de la racine et la longueur de la partie aérienne de blé dur Bousselam sont significativement affectés à  $P < 0,001$  par les facteurs concentration et espèce allélopathique et par l'interaction espèce allélopathique  $\times$  concentration alors qu'il n'y a pas une différence significative entre les pourcentages de germination (PG).

La comparaison des moyennes (tab. 12) indique que les extraits des trois espèces allélopathiques inhibent significativement à  $P < 0,05$  la longueur de la racine et n'affectent pas la germination en comparaison avec le témoin. La majorité de ces extraits sauf celui de *N. oleander* 1 % et celui d'*A. altissima* 3 % stimulent ou inhibent la longueur de la partie aérienne.

#### L'effet sur la germination, la longueur de la racine et la longueur de la partie aérienne

Les résultats obtenus montrent que les trois espèces allélopathiques inhibent la LR, d'autant plus à des concentrations de 3 % et de 5 %, les pourcentages d'inhibition dépassent généralement 70 %. La LPA est stimulée à la concentration 1 % par les extraits de *P. harmala* et *A. altissima* alors qu'à des concentrations élevées, elle est inhibée par les trois espèces allélopathiques (fig. 12). Les trois espèces allélopathiques n'affectent pas significativement la germination de blé dur Bousselam.

Les résultats montrent que lorsque la concentration augmente l'inhibition augmente et la stimulation diminue. En générale l'inhibition de la longueur de la racine est plus élevée par rapport à celle de la longueur de la partie aérienne. L'effet inhibiteur de *N. oleander* est le plus élevé à la concentration 1 % et l'effet inhibiteur de *P. harmala* est le plus important à des concentrations plus élevées.

#### 3.1.2.2. Effet sur le blé dur (*Triticum durum* Desf.) variété Waha

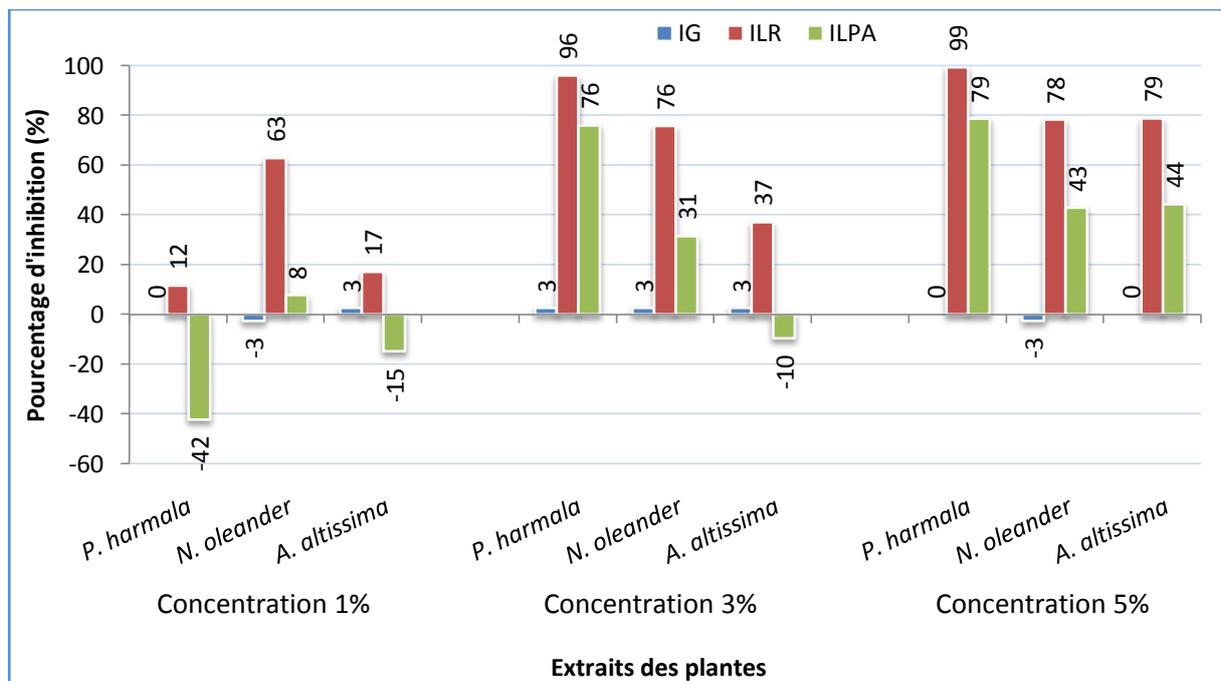
L'analyse de variance (tab. 13) indique que la longueur de la racine et la longueur de la partie aérienne du blé dur Waha sont significativement affectés à  $p < 0,001$  par les facteurs concentration et espèce allélopathique et par l'interaction espèce allélopathique  $\times$  concentration alors qu'il n'y a pas une différence significative entre les pourcentages de germination (PG).

**Tableau 12.** Effet des extraits de *Peganum harmala* L., *Nerium oleander* L. et *Ailanthus altissima* (Mill.) Swing. sur la longueur de la racine (LR), la longueur de la partie aérienne (LPA) et le pourcentage de germination (PG) du blé dur Bousselam.

Espèce Allélopathique	Concentration		LR (cm)	LPA (cm)	PG (%)
	Témoin	0%	15,1a	7,7cd	95,0a
<i>P. harmala</i>		1 %	13,3b	11,0a	95,0a
		3 %	0,6f	1,9g	92,5a
		5 %	0,1f	1,7g	95,0a
<i>N. oleander</i>		1 %	5,6d	7,1d	97,5a
		3 %	3,7e	5,3e	92,5a
		5 %	3,3e	4,4ef	97,5a
<i>A. altissima</i>		1 %	12,5b	8,9b	92,5a
		3 %	9,5c	8,5bc	92,5a
		5 %	3,2e	4,3f	95,0a
Analyse de variance ANOVA	Espèce allélopathique (E)		NS	NS	NS
	Concentration (C)		***	***	***
	Interaction (E × C)		***	***	***

Les moyennes suivies par la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes selon le test Fischer LSD à  $P < 0.05$ .

\*\*\* Signification à  $P < 0.001$ . NS, non significatif.



**Figure 12.** Effet inhibiteur des extraits de *P. harmala* L., *N. oleander* L. et *A. altissima* (Mill.) Swing. aux concentrations 1 %, 3 % et 5 % sur la longueur de la racine (ILR), la longueur de la partie aérienne (ILPA) et la germination (IG) du blé dur Bousselam.

La comparaison des moyennes est détaillée dans le tableau 13, elle indique que tous les extraits étudiés n'affectent pas la germination en comparaison avec le témoin. La majorité de ces extraits affectent aussi à  $P < 0,05$  la longueur de la racine et la longueur de la partie aérienne, la LR est inhibée alors que la LPA est soit inhibée soit stimulée. L'extrait d'*A. altissima* 1 % n'a pas d'effet significatif sur la longueur de la racine et l'extrait de *N. oleander* 1 % n'a pas d'effet sur la LPA.

#### **L'effet sur la germination, la longueur de la racine et la longueur de la partie aérienne**

Les pourcentages d'inhibition de la LR les plus élevés sont obtenus aux concentrations 3% et 5 % et ils varient de 44 % à 100 %. A la concentration 1 % des extraits, *P. harmala* et *A. altissima* stimulent la LPA (-27 % et -47 % respectivement). L'extrait d'*A. altissima* stimulent également la LPA à la concentration 3 %. Dans le reste des cas la longueur de la partie aérienne est inhibée et le pourcentage d'inhibition varie de 19 % à 80 % (fig. 13). Les trois espèces allélopathiques n'affectent pas la germination de blé dur Waha.

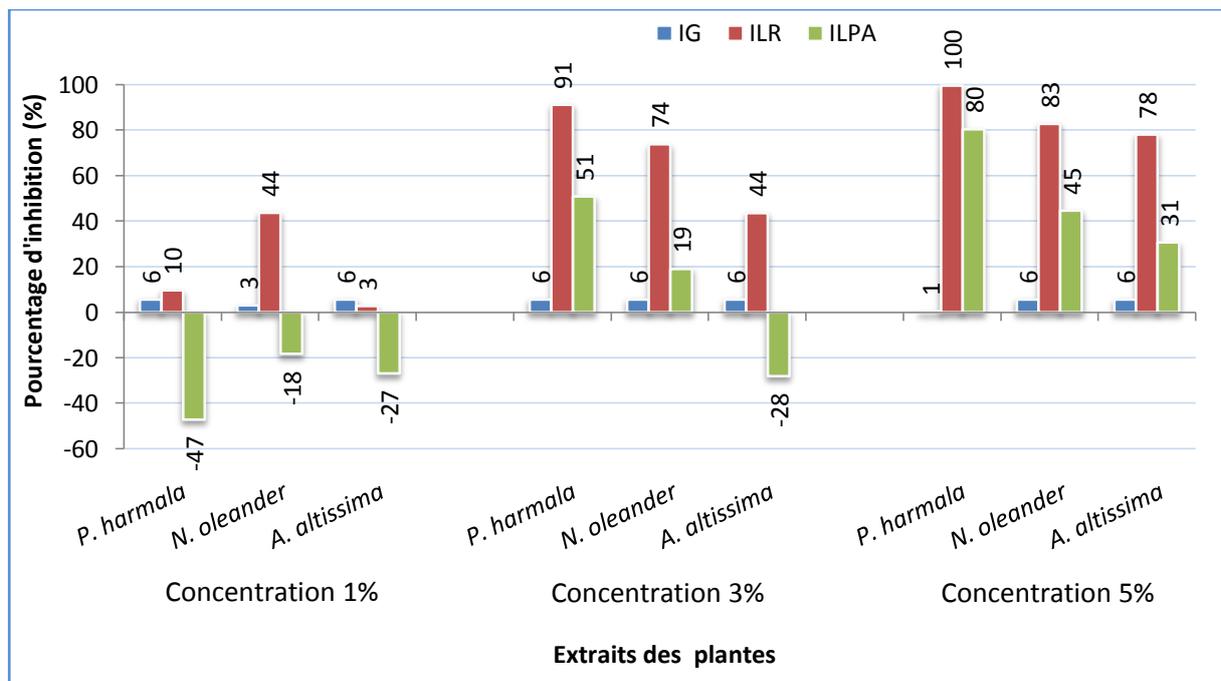
Nous remarquons que la longueur de la racine est plus inhibée que la longueur de la partie aérienne et l'inhibition augmente lorsque la concentration des extraits augmente. En générale, les trois plantes stimulent le développement des plantules de blé dur Waha à la concentration 1 % et elles l'inhibent à des concentrations plus élevées. L'effet inhibiteur de la rue sauvage est le plus élevé par rapport à l'effet du laurier rose et de l'ailante.

**Tableau 13.** Effet des extraits de *Peganum harmala* L., *Nerium oleander* L. et *Ailanthus altissima* (Mill.) Swing. sur la longueur de la racine (LR), la longueur de la partie aérienne (LPA) et le pourcentage de germination (PG) du blé dur variété Waha.

Espèce Allélopathique	Concentration		LR (cm)	LPA (cm)	PG (%)
	Témoin	0%	15,7a	6,9c	97,5a
<i>P. harmala</i>		1 %	14,1b	10,1a	92,5a
		3 %	1,4f	3,4f	92,5a
		5 %	0,1g	1,4g	97,5a
<i>N. oleander</i>		1 %	8,8c	8,1bc	95,0a
		3 %	4,1d	5,6d	92,5a
		5 %	2,7e	3,8ef	92,5a
<i>A. altissima</i>		1 %	15,2ab	8,7b	92,5a
		3 %	8,8c	8,8b	92,5a
		5 %	3,4de	4,8de	92,5a
Analyse de variance ANOVA	Espèce allélopathique (E)		NS	NS	NS
	Concentration (C)		***	***	***
	Interaction (E × C)		***	***	***

Les moyennes suivies par la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes selon le test Fischer LSD à  $P < 0.05$ .

\*\*\* Signification à  $P < 0.001$ .



**Figure 13.** Effet inhibiteur des extraits de *P. harmala* L., *N. oleander* L. et *A. altissima* (Mill.) Swing. aux concentrations 1 %, 3 % et 5 % sur la longueur de la racine (ILR), la longueur de la partie aérienne (ILPA) et la germination (IG) du blé dur variété Waha.

## 3.2. LA COMPARAISON ENTRE TOUTES LES ESPECES (ADVENTICES ET VARIETES DE BLE)

Afin d'analyser les réponses des espèces adventices aux différents traitements, nous comparons les pourcentages d'inhibition (IG, ILR et ILPA) obtenus à la même concentration de l'extrait de chaque espèce allélopathique. Dans les présentations graphiques suivantes les espèces adventices sont triées dans l'ordre décroissant selon l'inhibition de la germination (IG). Les deux variétés de blé dur Bousselam et Waha sont positionnée en premier ordre et séparées des espèces adventices. Sur ces graphes sont présentés aussi les ILR et les ILPA.

### 3.2.1. L'effet des extraits de *Peganum harmala* L.

#### 3.2.1.1. A la concentration 1 %

Nous avons déjà démontré que la germination des deux variétés de blé et des espèces *H. murinum*, *K. scoparia*, *B. madritensis*, *A. sterilis* et *S. marianum* n'est pas inhibée significativement à cette concentration. Pour les six autres espèces, le pourcentage d'inhibition de la germination varie d'une espèce à une autre (fig. 14.1), le plus élevé est de 100 % pour *V. hispanica* et le plus bas est de 10 % pour *M. orbicularis*. L'inhibition des autres espèces varie de 26 % à 46 %.

Concernant l'effet sur la LR, nous avons déjà démontré aussi que *S. marianum* est la seule espèce non inhibée alors que les deux variétés de blé dur et les autres espèces sont inhibées significativement en comparaison avec les témoins. Le pourcentage d'inhibition de la LR des variétés de blé est faible et ne dépasse pas 12 %. Par contre, il est élevé pour les espèces adventices et il dépasse 30 %. Les deux espèces *V. hispanica* et *C. fuscatum* sont les plus inhibées (100 % et 94 % respectivement). Par contre, *A. sterilis* et *H. murinum* sont les moins inhibées (31 % et 53 % respectivement).

La seule espèce dont la partie aérienne (LPA) n'est pas inhibée significativement est *B. madritensis*. Les LPA des deux variétés du blé Bousselam et Waha sont significativement stimulée (-42 % et -47 % respectivement). Nous avons obtenu le même effet sur *S. marianum* avec un pourcentage de -53 %. Pour le reste des espèces le pourcentage d'inhibition varie de 13% (*H. incana*) à 100 % (*V. hispaica*).

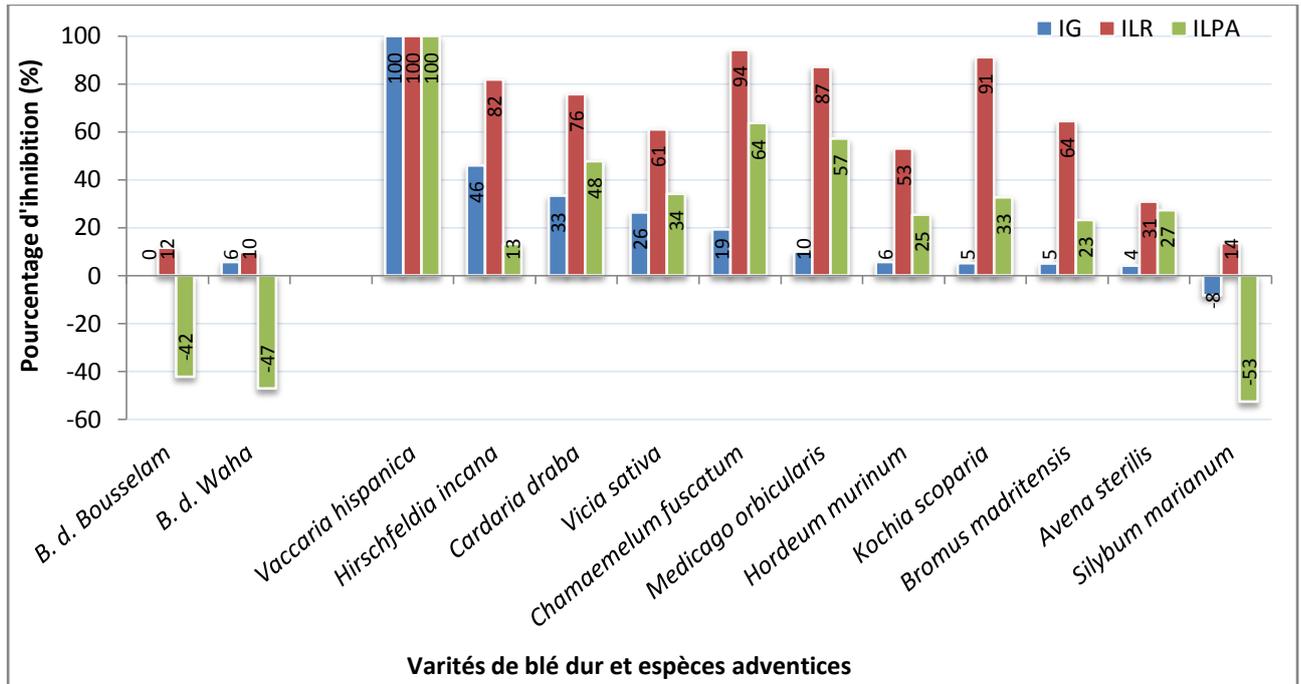


Figure 14.1. Effet de l'extrait de *P. harmala* 1 % sur la germination (IG), la longueur de la racine (ILR) et la longueur de la partie aérienne (ILPA) des espèces adventices et variétés de blé.

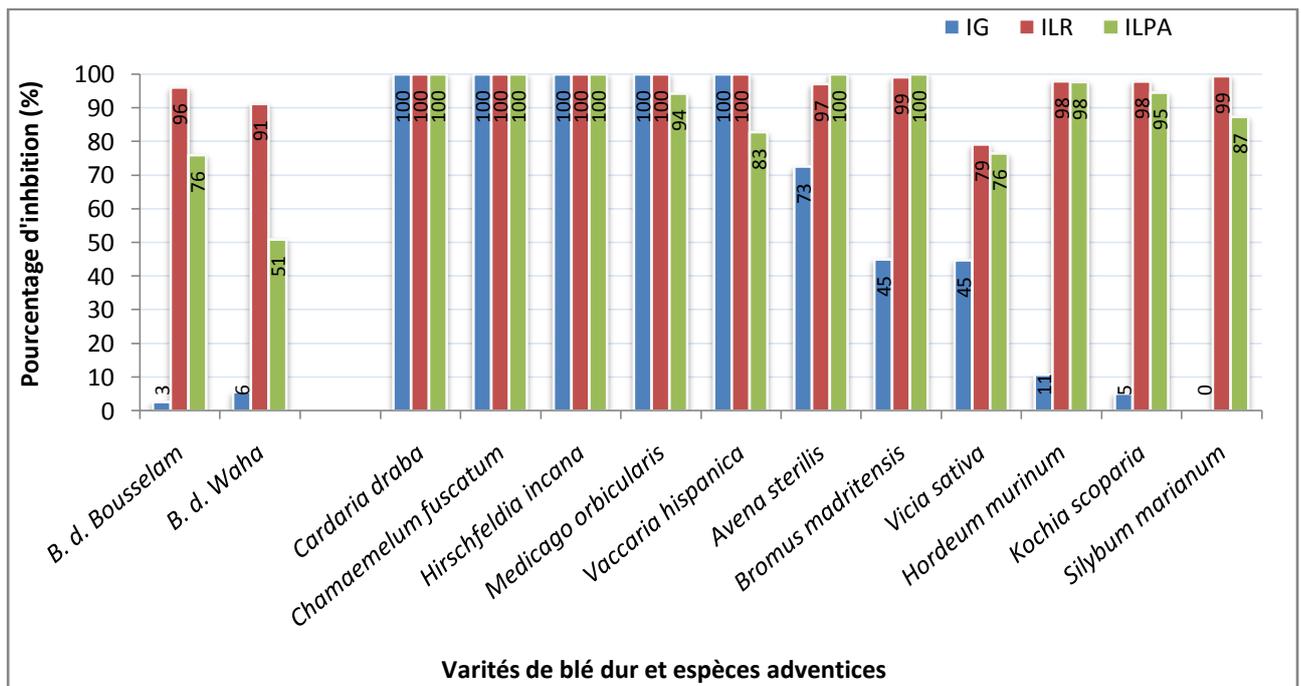


Figure 14.2. Effet de l'extrait de *P. harmala* 3 % sur la germination (IG), la longueur de la racine (ILR) et la longueur de la partie aérienne (ILPA) des espèces adventices et variétés de blé.

### 3.2.1.2. A la concentration 3 %

Les tests que nous avons effectués ont montré que la germination des deux variétés de blé et celle de *K. scoparia* et *S. marianum* n'est pas significativement inhibées par l'extrait de *P. harmala* à cette concentration. L'inhibition de la majorité (5 espèces) des autres espèces est totale et l'inhibition la plus faible est de 11 %, elle est notée sur *H. murinum* (fig. 14.2).

En ce qui concerne le développement des plantules, lorsqu'il n'y a pas une inhibition totale de la germination, nous remarquons que les pourcentages d'inhibition de la LR et la LPA sont très élevés. Ils dépassent 75 % chez les adventices et 50 % chez les variétés de blé. Nous remarquons aussi que même si la germination est totale comme le cas de *S. marianum* (fig. 14.2), l'inhibition du développement des plantules (LR et LPA) dépasse 95 %. Le pourcentage d'inhibition le moins faible des LR et LPA est observé pour le blé dur Waha et il est de 51 %.

### 3.2.1.3. A la concentration 5 %

A cette concentration, l'extrait de *P. harmala* affecte significativement la germination de dix espèces adventices. Six espèces entre elles sont inhibées totalement (fig. 14.3) et l'inhibition des quatre autres est élevée (plus de 75 %). Le plus faible des pourcentages d'inhibition est noté pour *H. murinum* (77 %). La figure 14.3 montre que tous les pourcentages d'inhibition des LR sont de 99 % ou 100 % et les pourcentages d'inhibition des LPA sont aussi très élevés. L'inhibition des LPA des variétés de blé est de l'ordre de 80 % et elle est totale pour la majorité des adventices.

## 3.2.2. L'effet des extraits de *Nerium oleander* L.

### 3.2.2.1. A la concentration 1 %

Nous avons déjà démontré dans la première partie de ce chapitre que l'extrait de *N. oleander* 1 % n'affecte que la germination d'*H. incana*, *A. sterilis*, *C. draba* et *V. sativa*. Sur ces quatre espèces (fig. 15.1), l'inhibition d'*H. incana* est totale et l'inhibition de *V. sativa* est la plus faible et elle est de 21 %. Les tests que nous avons effectués ont montré aussi que les LR de toutes les espèces (blé et adventices sauf *V. sativa*) sont inhibées alors que les LPA des variétés de blé et des espèces *V. sativa*, *C. fuscatum* et *S. marianum* ne sont pas affectés.

Sur la figure 15.1 nous remarquons que le pourcentage d'inhibition le plus élevé de la LR des espèces qui ont germées est noté pour *V. hispanica* (97 %) et le plus faible est noté pour *B. madritensis* (34 %). Pour le reste des espèces l'inhibition de la LR varie de 44 % à 87%. Pour

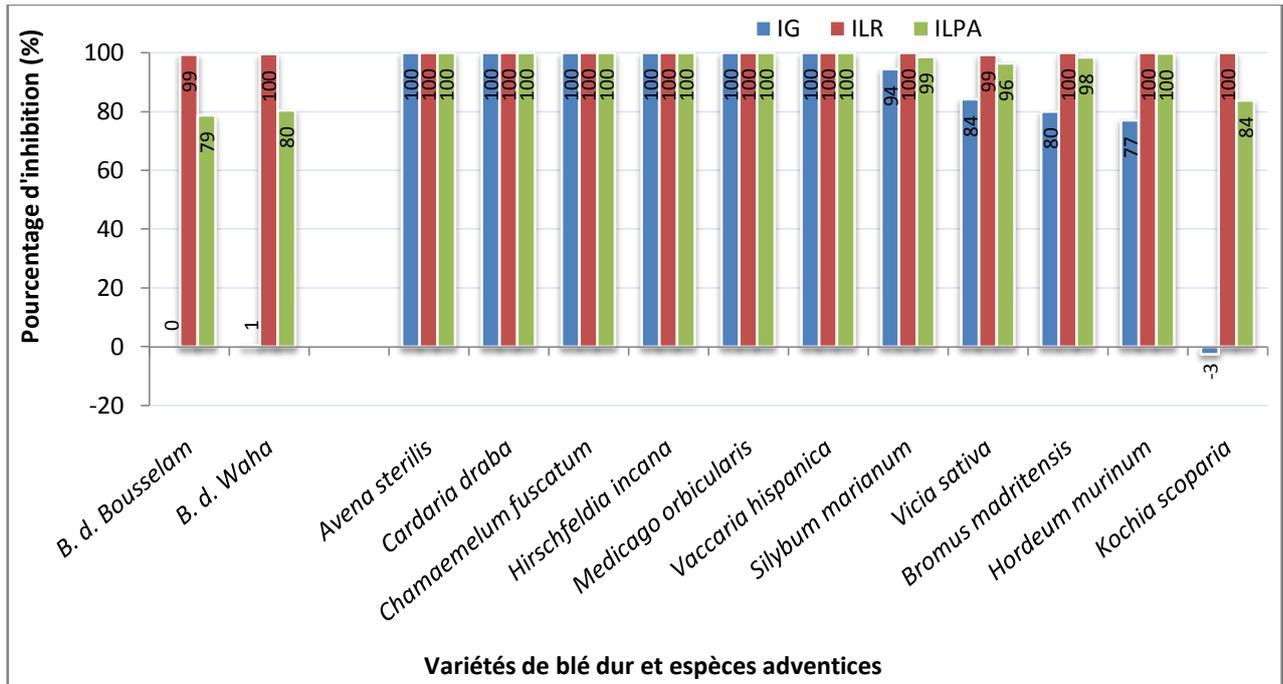


Figure 14.3. Effet de l'extrait de *P. harmala* 5 % sur la germination (IG), la longueur de la racine (ILR) et la longueur de la partie aérienne (ILPA) des espèces adventices et variétés de blé.

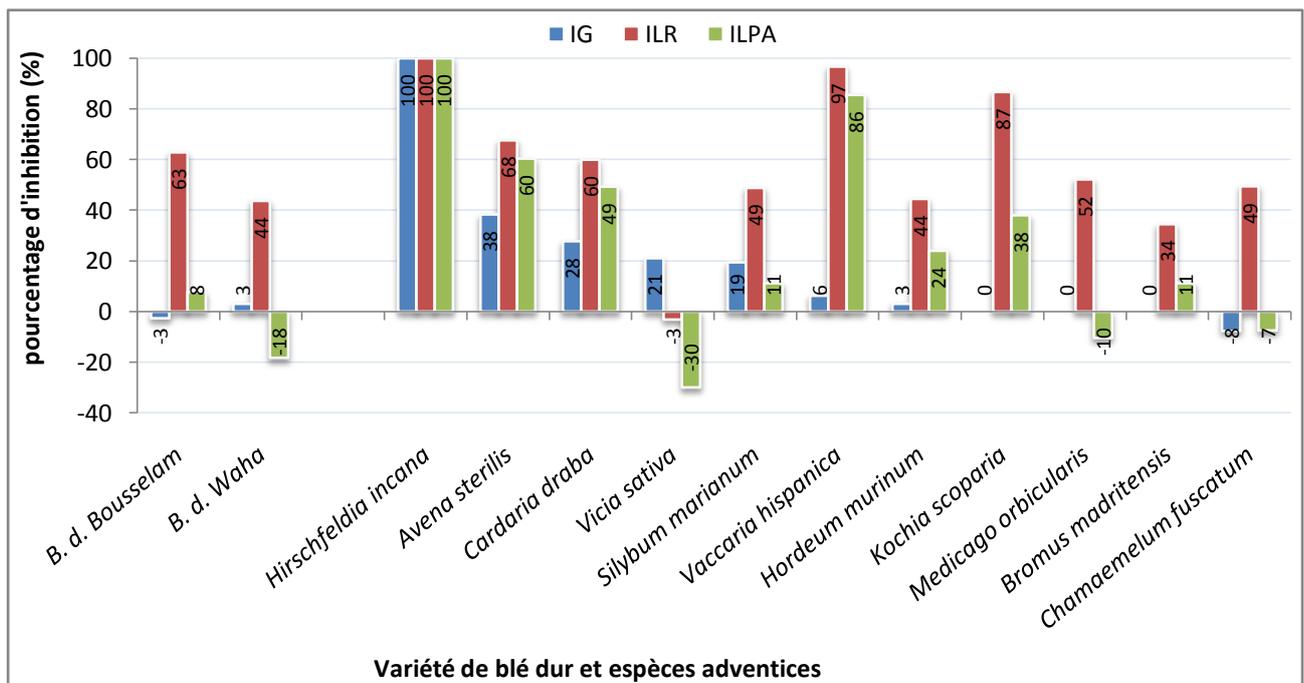


Figure 15.1. Effet de l'extrait de *N. oleander* 1 % sur la germination (IG), la longueur de la racine (ILR) et la longueur de la partie aérienne (ILPA) des espèces adventices et variétés de blé.

la LPA, une stimulation de -10 % est notée pour *M. orbicularis* et l'inhibition la plus élevée est notée pour *V. hispanica* (86 %).

### 3.2.2.2. A la concentration 3 %

A cette concentration, nous avons déjà montré que l'extrait de *N. oleander* inhibe significativement la germination des espèces *C. draba*, *A. sterilis*, *H. incana*, *V. hispanica* et *S. marianum*. Cet extrait inhibe également la LR de toutes les espèces et il inhibe la LPA de dix espèces adventices (*V. sativa* n'est pas inhibée) et des deux variétés de blé.

L'inhibition de la germination d'*H. incana* est la plus élevée, elle est totale, et l'inhibition de la germination de *S. marianum* est la plus faible et elle est de 25 %. L'inhibition de la LR des variétés de blé et de la majorité des espèces adventices dépasse 65%, le pourcentage d'inhibition le plus faible est de 41 %, il est noté sur *V. sativa*. Pour la LPA l'inhibition des espèces *H. incana*, *V. hispanica*, *C. draba*, *A. sterilis*, *B. madritensis* est dépassée 55 % alors qu'elle varie de 25 % à 48 % (fig. 15.2) pour le reste des espèces (les adventices et les blés).

### 3.2.2.3. A la concentration 5 %

Les résultats de tous les extraits testés ont montré que la germination des deux variétés de blé et des espèces *B. madritensis*, *H. murinum*, *K. scoparia*, *M. orbicularis* et *V. sativa* n'est pas significativement affectée en comparaison avec les témoins. Pour les autres espèces, le pourcentage d'inhibition de la germination le plus faible est de 33 % (*S. marianum*) et le pourcentage le plus élevé est de 100 % (*H. incana*).

Les résultats ont montré aussi que tous les pourcentages d'inhibition de la LR même celle des blés Bousselam et waha sont élevés et ils dépassent 65 % (fig. 15.3). Nous avons déjà montré également que la LPA des deux variétés de blé et de toutes les espèces adventices est significativement affectées sauf celle de l'espèce *V. sativa*. Nous remarquons que les espèces *H. incana*, *V. hispanica*, *C. draba*, *A. sterilis*, *C. fuscatum* présentent des pourcentages d'inhibition très élevés (plus de 90 %) alors que les variétés de blé et les autres adventices présentent des pourcentages d'inhibition compris entre 44 % et 65 %.

## 3.2.3. L'effet des extraits d'*Ailanthus altissima* (Mill.) Swing.

### 3.2.3.1. A la concentration 1 %

La figure 16.1 montrent que les pourcentages d'inhibition de la germination des espèces *H. incana*, *V. hispanica*, *C. draba* et *C. fuscatum* dépassent 65 %. Les autres espèces adventices

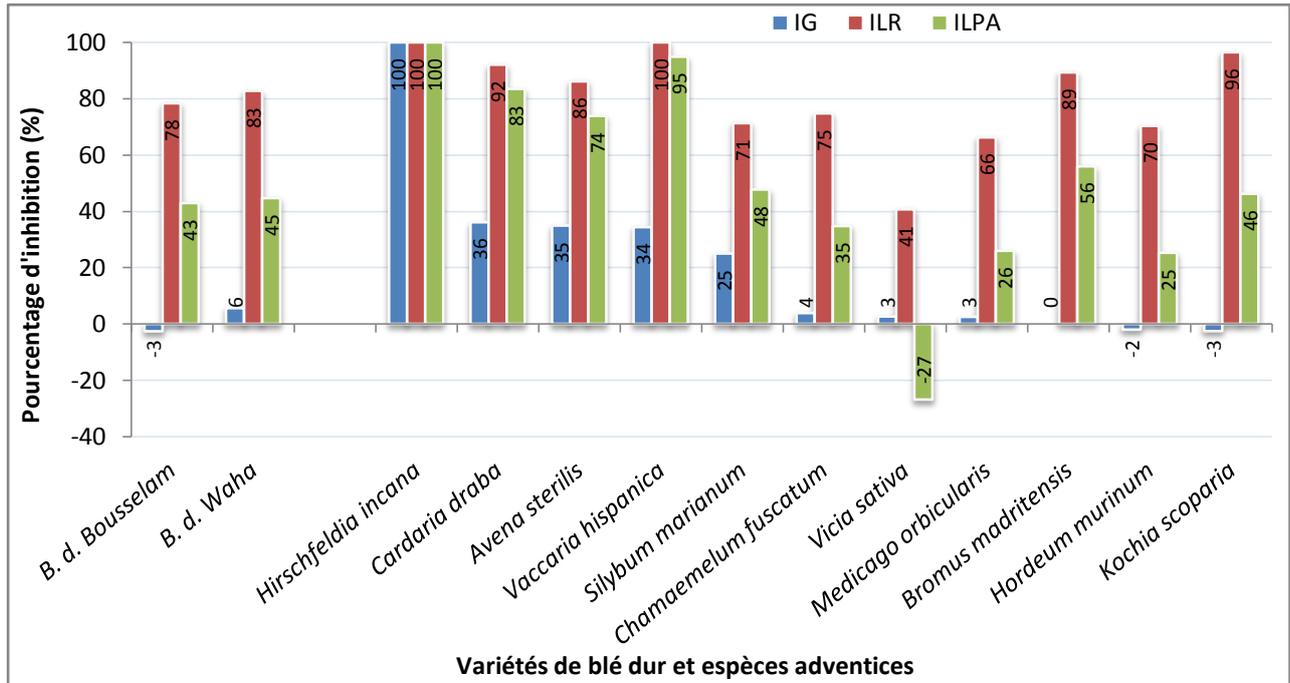


Figure 15.2. Effet de l'extrait de *N. oleander* 3 % sur la germination (IG), la longueur de la racine (ILR) et la longueur de la partie aérienne (ILPA) des espèces adventices et variétés de blé.

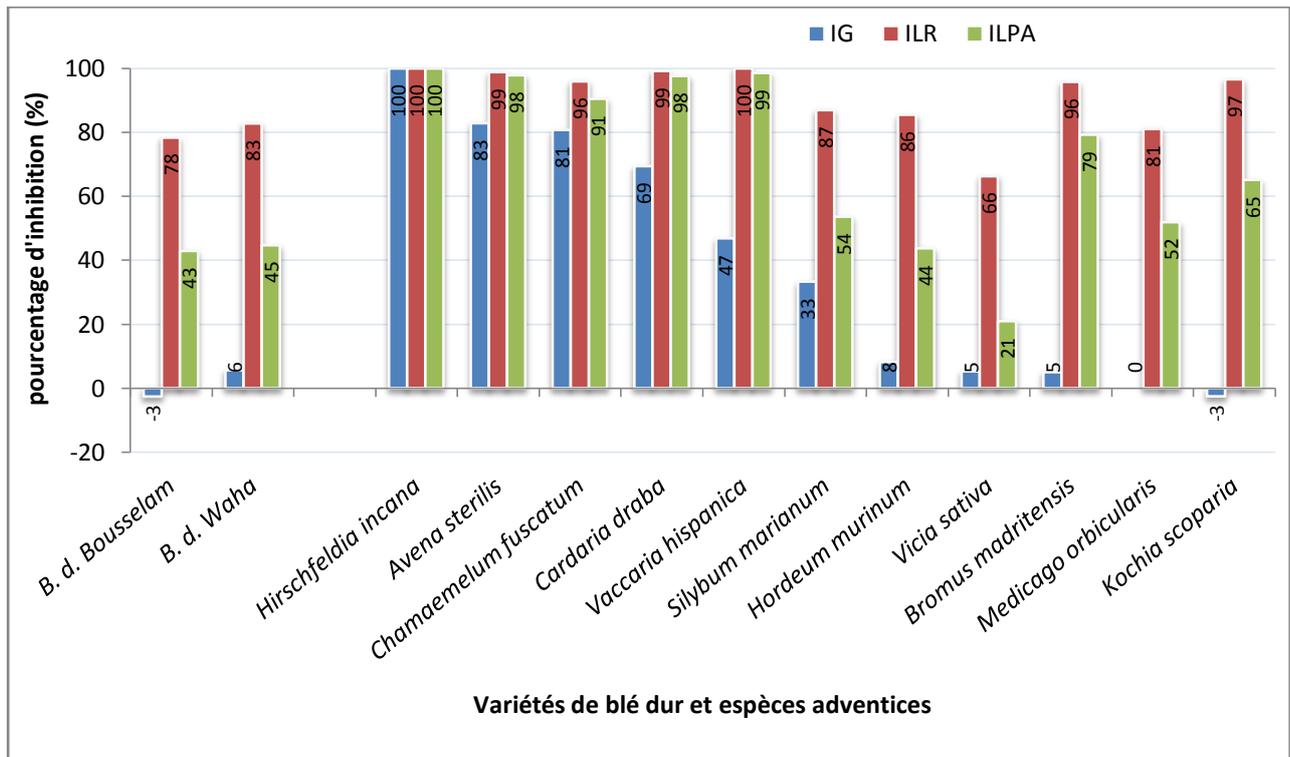


Figure 15.3. Effet de l'extrait de *N. oleander* 5 % sur la germination (IG), la longueur de la racine (ILR) et la longueur de la partie aérienne (ILPA) des espèces adventices et variétés de blé.

et les variétés de blé ne sont pas inhibées significativement comme il est montré dans la première partie de ce chapitre.

Nous remarquons que les espèces qui ont présentées des pourcentages élevés d'inhibition de la germination présentent aussi des pourcentages élevés d'inhibition de la LR et la LPA (supérieur à 68 %). La LR et la LPA de l'espèce *S. marianum* sont stimulée (-16 % et -23 % respectivement) par contre elles sont inhibées pour les autres espèces, l'inhibition varie de 11% à 58 % pour la LR et de 21 % à 27 % pour la LPA. La LPA des variétés de blé n'est pas affectée, l'inhibition de la LR de blé Bousselam est faible (17 %) alors que la LR d'Waha n'est pas inhibé significativement.

### 3.2.3.2. A la concentration 3 %

Les résultats que nous avons obtenus ont montré déjà que l'extrait d'*A. altissima* à la concentration 3 % inhibe significativement la germination des trois espèces adventices *C. fuscatum*, *H. incana* et *C. draba* et n'affecte pas les deux variétés de blé. L'inhibition d'*H. incana*, *C. fuscatum* est supérieur à 85 % et l'inhibition de *C. draba* est de 44 %.

Pour la LR, nous remarquons qu'une inhibition élevée est obtenue pour sept espèces adventices. Le pourcentage d'inhibition varie de 58 % (*M. orbicularis*) à 100 % (*V. hispanica*). L'inhibition des variétés de blé et des autres adventices varie de 35 % à 47 % (fig. 16.2).

En ce qui concerne la LPA, les pourcentages élevés d'inhibition sont notés pour quatre espèces adventices et ils dépassent 78 %, *H. incana* c'est l'espèce la plus inhibée. Les pourcentages d'inhibition des autres adventices sont faibles et varient entr 10 % et 45 % alors que les deux variétés de blé sont stimulées.

### 3.2.3.3. A la concentration 5 %

Concernant la germination, les pourcentages d'inhibition des sept espèces qui sont inhibées significativement (d'après les résultats obtenus) varie de 21 % pour *H. murinum* à 98% pour *H. incana*. Par contre les variétés de blé ne sont pas affectées. Les espèces *S. marianum*, *K. scoparia*, *B. madritensis* et *M. orbicularis* ne sont pas affectées.

Pour la LR, la figure 16.3 montre que les pourcentages d'inhibition de dix espèces adventices et des deux variétés de blé sont élevés et sont supérieurs à 50 % alors que l'inhibition de la onzième espèce adventice (*S. marianum*) est faible (16 %).

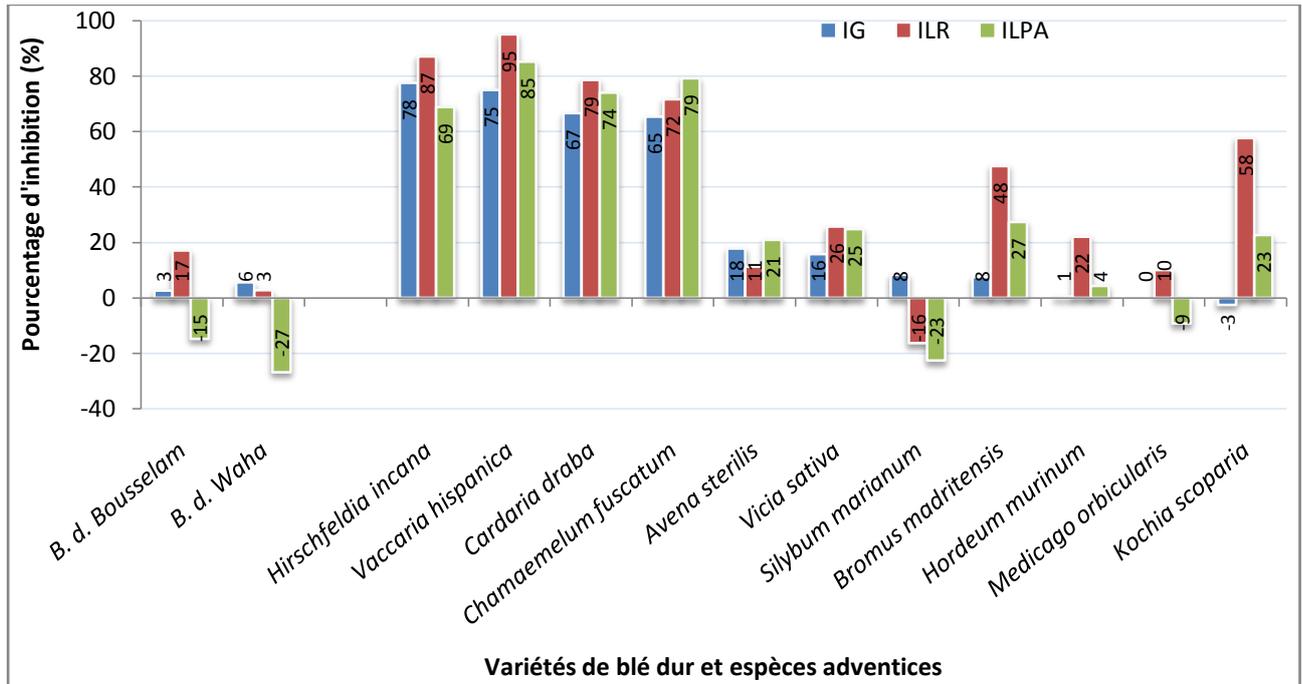


Figure 16.1. Effet de l'extrait d'A. altissima 1 % sur la germination (IG), la longueur de la racine (ILR) et la longueur de la partie aérienne (ILPA) des espèces adventices et variétés de blé.

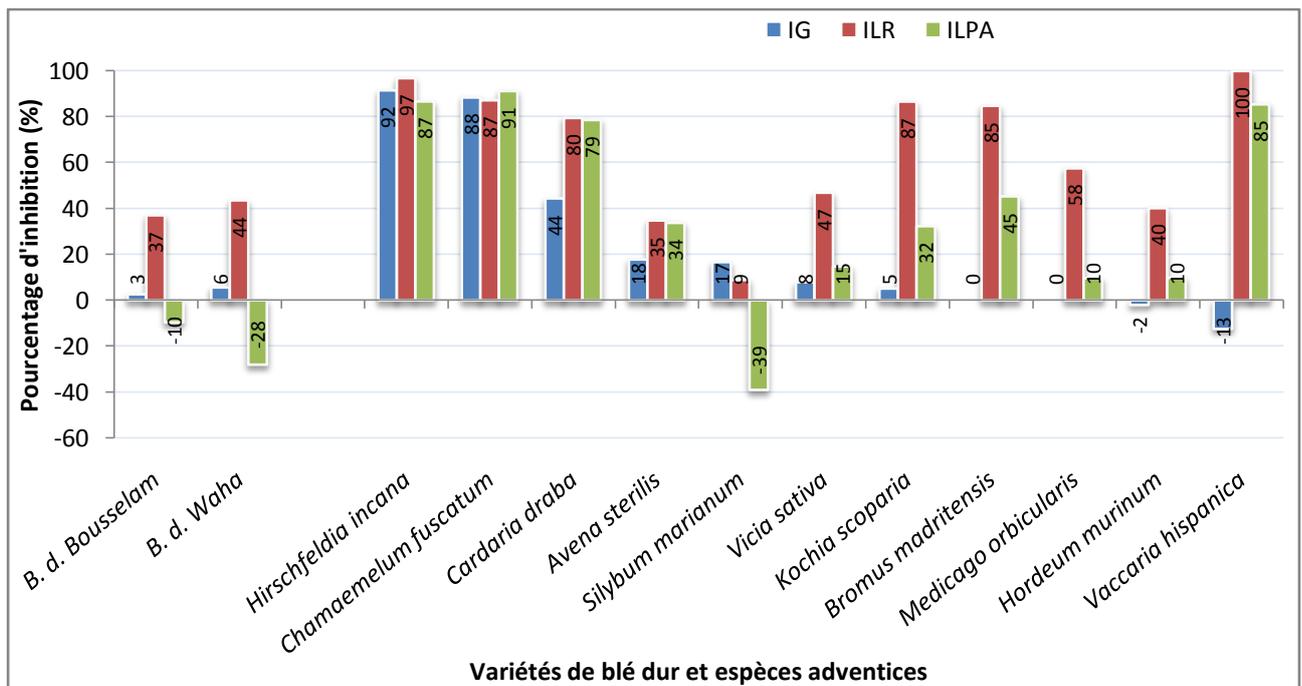
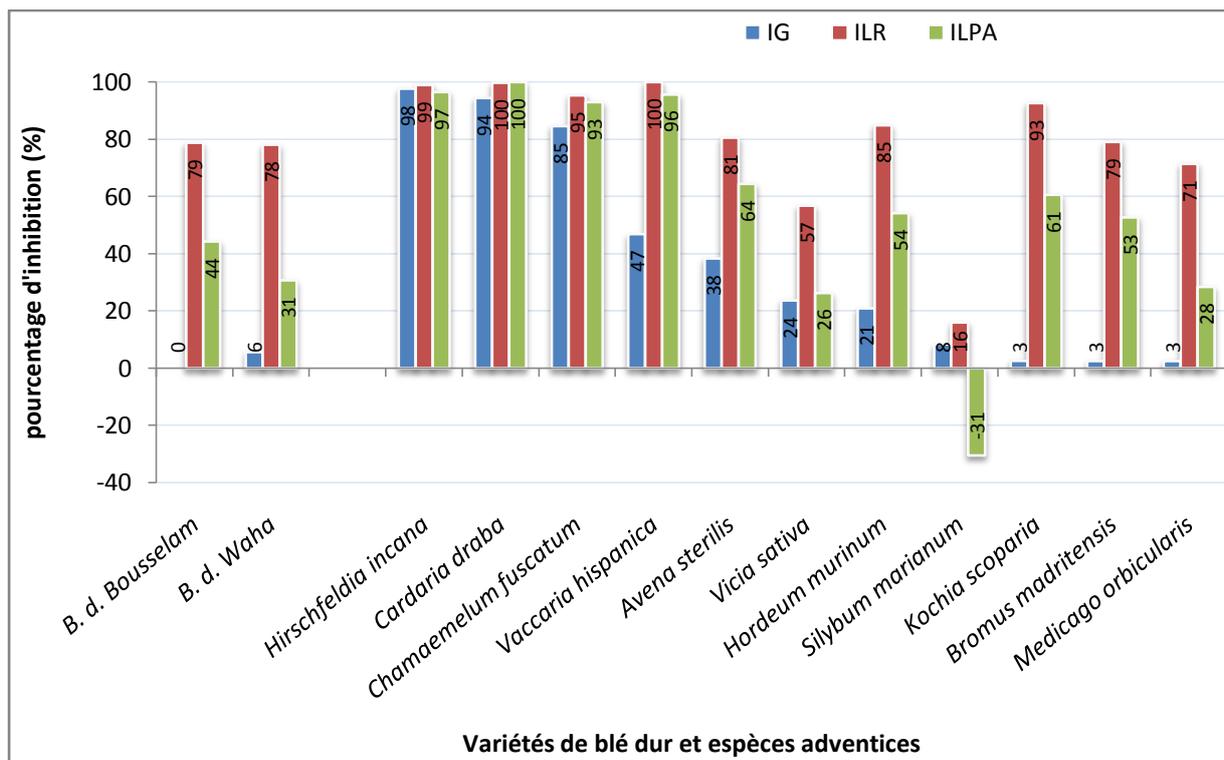


Figure 16.2. Effet de l'extrait d'A. altissima 3 % sur la germination (IG), la longueur de la racine (ILR) et la longueur de la partie aérienne (ILPA) des espèces adventices et variétés de blé.

Pour la LPA, nous remarquons que huit espèces adventices montrent des pourcentages d'inhibition supérieurs à 50 %, parmi ces espèces *C. draba* est inhibée totalement. L'inhibition des blés Waha et Bousselem et de deux adventices (*M. orbicularis* et *V. sativa*) varie de 26 % à 44 % par contre l'espèce *S. marianum* est stimulée avec un pourcentage de -31 %.



**Figure 16.3.** Effet de l'extrait d'*A. altissima* 5 % sur la germination (IG), la longueur de la racine (ILR) et la longueur de la partie aérienne (ILPA) des espèces adventices et variétés de blé.

### 3.3. DISCUSSION

Dans ce qui suit, nous allons discuter les résultats présentés dans la 1ère et la 2ème partie de ce chapitre.

Les résultats que nous avons obtenus montrent que les trois espèces : *Peganum harmala* L., *Nerium oleander* L. et *Ailanthus altissima* (Mill.) Swing. affectent de différentes manières les espèces adventices et les variétés de blé dur testées. Les effets des extraits de ces plantes sont observés sur la germination des graines et le développement des plantules. Nous avons remarqué que la germination des graines est retardée ou elle s'interrompt dans un stade avancé ou encore elle ne se produit pas. Kruse *et al.* (2000) ont montré que lorsque des plantes sensibles sont exposées aux allélochimiques, la germination des graines est retardée. En ce qui concerne certaines graines, la germination s'arrête dans le stade gonflement de la graine. Pour d'autres, la germination s'arrête au début de l'apparition de la racine.

Lorsque la germination des graines n'est pas inhibée, nous avons observé d'autres effets sur le développement des plantules (inhibition ou stimulation). Dans le cas d'une inhibition, nous avons noté des effets sur la racine (coléorhiz des poacées), sur la tige (coléoptile des poacées) ou sur les deux. Dans certains cas le développement de la racine s'arrête, dans d'autres cas le développement de la racine est retardé. Pour la partie aérienne, l'effet se manifeste par l'absence de la tige, par l'inhibition de la tige ou encore par le retardement du développement. Kruse *et al.* (2000) ont montré aussi que l'effet des substances allélochimiques se manifeste par des variations morphologiques qui sont observées le plus souvent aux premiers stades de développement, des effets sur l'allongement de la tige et de la racine. Dans la plupart des tests que nous avons réalisés, l'effet inhibiteur des extraits est plus important sur le développement des plantules (longueur de la racine et longueur de la partie aérienne).

L'effet des extraits apparaît sous la forme d'une inhibition dans la majorité des tests que nous avons réalisés. Quelques fois, la réponse de quelques espèces (adventices ou variétés de blé) à l'effet des extraits est différente. Nous avons remarqué une stimulation de la germination et du développement des plantules. Les effets positifs des plantes sur d'autres selon Rice (1984) sont aussi des effets allélopathiques. Le pourcentage de germination augmente et la longueur de la racine accroît. La germination est accélérée et le développement de la partie aérienne est important.

Les différents effets des extraits sur la germination des graines et le développement des plantules peuvent être expliqués par les différences des quantités (concentration) et caractéristiques physicochimiques (espèce allélopathique) qui probablement mettent en jeux des substances allélochimiques spécifiques.

Pour chaque espèce allélopathique l'inhibition augmente lorsque la concentration de l'extrait augmente, cette augmentation n'est pas proportionnellement similaire pour les trois espèces. Toutefois, l'allélopathie ne se manifeste selon Friedman (1995) que lorsque la quantité critique des composés allélochimiques atteint la plante ou la graine cible. Arslan et al. (2005), Nandal et Dhillon (2005), Uremis et al. (2005), Turk et Tawaha (2003) et Batish et al. (2002) ont montré que l'inhibition augmente avec l'augmentation de la concentration des extraits.

Parmi les onze adventices que nous avons étudiés, la folle avoine (*Avena sterilis* L.) la germination de cette espèce est inhibée totalement par l'extrait de *P. harmala* L. à la concentration de 5 %, Machado (2007) à trouvé aussi que la germination de la folle avoine est inhibée complètement par des extraits (5 %) de feuilles des espèces allélopathiques *Limnanthes alba* Hartw. ex Benth., *Vigna sesquipedalis* (L.) Walp. et *Picea pungens* Engelm.

Les taux d'inhibition de la folle avoine que nous avons obtenus par les extraits de *P. harmala* 3% et *N. oleander* 5% sont très élevés. L'inhibition de la folle avoine à été soulignée aussi par Batish et al. (2002). Ils ont montré l'effet inhibiteur de la Parthenin, qui est une substance isolée des feuilles de *Parthenium hysterophorus* L., sur la germination et le développement de ces plantules. Jamil et al. (2009) ont trouvé que le mélange des extraits de sorgho (*Sorghum vulgare* Pers.) et de tournesol (*Helianthus annuus* L.) additionné au sol réduit significativement la matière sèche de la folle avoine.

L'espèce *Hirschfeldia incana* (L.) Lagr. Foss. est parmi les espèces les plus inhibées dans la majorité des tests que nous avons effectués. Uygur et al. (1990) ont trouvé que la germination de *H. incana* est inhibée totalement par les extraits de la moutarde des jardins (*Raphanus sativus* L.).

Pour l'espèce envahissante *Kochia scoparia* (L.) Schrad., nos résultats ont montré que les trois espèces allélopathiques inhibent significativement le développement de ces plantules. Par contre, aucune espèce à affecté la germination de ces graines. Ces observations sont conformes aux remarques de Macharia et Peffley (1995). Ces chercheurs ont trouvé que l'extrait

d'oignon d'hiver (*Allium fistulosum* L.) n'affecte pas la germination des graines de *K. scoparia* alors qu'il diminue significativement la biomasse de ces plantules.

Aux concentrations 3 % et 5 %, les extraits de *P. harmala* et *N. oleander* que nous avons testé inhibent le développement des plantules de *Silybum marianum* (L) Gaertn., Bend All (1975) à montrer l'effet phytotoxique des extraits de *Cirsium arvense* (L.) Scop. sur le développement des plantules du chardon-marie (*S. marianum*).

Les résultats que nous avons obtenus pour la vesce commune (*Vicia sativa* L.) peuvent être comparés à ceux de Sondhia et Saxena (2003). Ils ont montré que la saponine isolée de *Xanthium strumarium* L. inhibe significativement la germination, la longueur de la racine et de la tige de *V. sativa* L. Les résultats obtenus dans notre travail sont aussi très proche de ceux obtenus par Kumar et Varshney (2008) qui ont trouvé que l'extrait des racines de sésame (*Sesamum indicum* L.) réduit la germination de la vesce commune (*Vicia sativa* L.) de 50 %, la biomasse des plantules diminue de 52,4 % alors que la réduction de la biomasse des racines était de 64,51 %. Effectivement nous avons noté 45 % d'inhibition de la germination de *V. sativa* par l'extrait de *P. harmala* 3 %. L'inhibition de la partie racinaire est de 79 % et celle de la partie aérienne est de 76 %.

Nous avons testés aussi deux variétés de blé afin de vérifier si les plantes allélopathiques affectent également les cultures de blé ou non. D'après les résultats obtenus, la germination des graines de blé n'est pas affectée par les différents extraits. Ces résultats concordent avec ceux de Dogan (2004). Celui-ci à démontré que les extraits de *Raphanus sativus* L. n'affectent pas la germination du blé.

Hussain et al. (2007) ont trouvé que l'extrait (10 %) du séné (*Cassia angustifolia* Vahl) n'affecte pas la germination des graines du blé. Il stimule la longueur des feuilles et leur poids sec. Par contre, il inhibe la longueur de la racine et leur poids en comparaison avec le témoin. Effectivement, nous avons trouvé aussi que l'effet des extraits sur le développement des plantules de blé est différent selon l'espèce allélopathique et la concentration utilisée. Les extraits de *P. harmala* à 1 % et d'*A. altissima* à 1 % et à 3 % stimulent la partie aérienne par contre les autres extraits inhibent en générale le développement des plantules.

Nos observations peuvent être comparées aussi à celles de Nandal et Dhillon (2005). Ces chercheurs ont observé que l'extrait des feuilles du peuplier (*Populus deltoides* Bartram ex Marsh.) stimule la longueur des pousses du blé à des concentrations inférieures à 5 %. Pour des

concentrations plus élevées il n'y a pas d'effet sur les feuilles mais l'inhibition des racines augmente. Hegab et al. (2008) ont trouvé aussi que l'extrait de blette (*Beta vulgaris* L.) de 1 % de concentration stimule la germination des graines et le développement des plantules du blé alors qu'à des concentrations de 8 % et 12 % il les inhibe significativement.

Contrairement à nos résultats, Abdelgaleil et Hashinaga (2007) ont trouvé que les sesquiterpènes extraites des feuilles de *Magnolia grandiflora* L. réduisent la germination des graines du blé. Machado (2007) a obtenu 77 % d'inhibition de la germination par l'extrait (5%) de *Limnanthes alba* Hartw. ex Benth. Karaaltin et al. (1999) ont observé un effet inhibiteur important des extraits de la luzerne cultivée (*Medicago sativa* L.) sur le blé et l'orge.

En générale, nous avons trouvé que l'effet inhibiteur de l'extrait de *N. oleander* 1 % sur la germination des graines est généralement faible. Le pouvoir inhibiteur de cet extrait se manifeste en particulier sur la longueur des racines. Les pourcentages d'inhibition obtenus sont élevés soit pour les adventices soit pour les blés. Pour la longueur de la partie aérienne, l'effet de l'extrait est important sur la majorité des adventices. Par contre, nous n'avons pas noté d'effet sur les variétés de blé. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Iskenderoglu (1995). Ce dernier a montré que les extraits du laurier rose favorisent le développement des plantes du coton (*Gossypium hirsutum*), maïs (*Zea mays*) et soja (*Glycin max*) et causent quelques effets négatifs sur le développement des cultures. Karaaltin et al. (2004) ont montré aussi que l'extrait des feuilles de *N. oleander* L. stimule la germination de l'haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.) et du blé tendre (*Triticum aestivum* L.) alors qu'il inhibe le développement de leurs plantules. Le haricot est plus affecté que le blé.

L'observation de l'expérience, aux concentrations 3% et 5%, montre aussi l'effet inhibiteur du laurier rose sur le développement des plantules (longueur des racines et des parties aériennes). Cet effet est élevé même dans le cas où la germination n'est pas affectée. (Khanh et al., 2005) ont remarqué sur pots d'expérience que les extraits des parties fraîches (30%) ou sèches (5 %) de *N. oleander* L. suppriment totalement la germination des graines du radis cultivé (*Raphanus sativus* L.) et celle de deux mauvaises herbes, l'ergot de coq (*Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv.) et la Pontédérie à feuilles en forme de cœur (*Monochoria vaginalis* (Burm. F.) C. Presl ex Kunth). Ils ont remarqué aussi une légère baisse de l'inhibition lorsque la concentration des extraits est faible.

Plusieurs composés du groupe des glycosides ont été isolés de *N. oleander* et identifiés par Mahin (1984), oleandrin, adynerigenin, digitoxigenin et oleandrigenin, et qui peuvent être responsables de leur phytotoxicité (Khanh et al., 2005). Abe et Yamouchi (1992) ont montré que l'oleandrin est le constituant majeur isolé des feuilles de cette plante.

En ce qui concerne l'espèce allélopathique *Ailanthus altissima* (Mill.) Swing., nous avons démontré que leur effet inhibiteur est généralement faible par rapport aux deux autres espèces. Contrairement à ces résultats, Heisey<sup>a</sup> (1990) a montré que l'extrait aqueux des tissus de l'ailante est fortement phytotoxique sur les graines de l'ergot de coq (*Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv.), le maïs (*Zea mays* L.) et le cresson alénois (*Lepidium sativum* L.) et Voigt (1962) a obtenu le même effet sur des plantules du pin (*Pinus spp.*).

Des métabolites secondaires du groupe des quassinoides sont isolés des feuilles de cet arbre (Attar-ur-Rahman, 2006), l'ailanthone est la toxine majeure qui a été isolée et identifiée. Elle a réduit significativement la population de mauvaises herbes dans les cultures de l'haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.), de la tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), de chou-fleur (*Brassica oleracea* L.) et de maïs (*Zea mays* L.) (Heisey, 1999). Effectivement, nous avons trouvé que l'extrait 5 % d'*A. altissima* inhibe significativement la germination de sept espèces sur les onze adventices étudiées.

La dernière espèce allélopathique (*Peganum harmala* L.) que nous avons utilisée dans cette étude a montré un pouvoir allélopathique très élevé surtout à des concentrations élevées. Cette espèce à une concentration de 5 % inhibe totalement la germination de la plupart des mauvaises herbes étudiées. Elle inhibe aussi totalement le développement des plantules qui ont germées. L'Harmel est utilisé comme engrais vert par les agriculteurs locaux du nord ouest de la Chine (Zeng et al., 2008). Une substance allélochimique active, l'harmaline, était isolée par Yang (1987) du Harmel. Elle est responsable de l'inhibition qui a été observée sur la croissance de quelques plantes de maïs, soja et betterave à sucre cultivées dans cette région. Sharma et al. (1982) ont montré aussi que l'harmaline contenue dans les résidus de *Peganum harmala* L., affecte la croissance du mil (*Pennisetum typhoides* (Burm.) Stapf & C.E. Hubb.). L'harmaline et une autre substance, l'harmin, sont des alcaloïdes indoliques, elles sont isolées et identifiées aussi par Ahmad (1992) et Reinhard (1968).

## CONCLUSION GENERALE

Le phénomène de l'allélopathie est l'interférence chimique d'une ou plusieurs substances d'une espèce végétale avec la germination, la croissance ou le développement d'autres espèces de plantes. L'allélopathie couvre à la fois des effets d'inhibition et de stimulation. Les substances chimiques synthétisées par les plantes allélopathiques et qui sont impliquées dans ce phénomène sont appelées allelochimiques. Lorsque des plantes sensibles sont exposées aux allelochimiques, la germination, la croissance et le développement peuvent être affectés. Toutefois, l'allélopathie ne se manifeste que lorsqu'une quantité suffisante des substances allélopathiques atteint la graine cible, c'est un effet concentration-dépendant.

Dans ce travail nous avons testé, dans les conditions de laboratoire et à différentes concentrations, l'effet des extraits aqueux des feuilles de l'Harmel (*Peganum harmala* L.), le laurier rose (*Nerium oleander* L.) et l'ailante (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swing. sur la germination et le développement de onze mauvaises herbes des céréales et deux variétés de blé dur (Waha et Bousselam).

Les résultats obtenus sont prometteuses. La majorité des extraits inhibent significativement la germination de la plupart des adventices. Par contre aucun extrait n'a affecté la germination des graines des deux variétés de blé Waha et Bousselam. En générale, l'inhibition augmente lorsque la concentration des extraits augmente. L'inhibition la plus élevée est notée à la concentration de 5%. Cet effet est déterminé par la quantité des substances allelochimiques présents dans les extraits. Dans certains cas, les extraits stimulent le développement des plantules.

L'espèce *P. harmala* est la plus inhibitrice. Son extrait à 5% inhibe totalement la germination d'*Avena sterilis*, *Cardaria draba*, *Chamaemelum fuscatum*, *Hirschfeldia incana*, *Medicago orbicularis* et *Vaccaria hispanica*. De plus, il inhibe totalement le développement des racines des adventices : *Sylibum marianum*, *Vicia sativa*, *Bromus madritensis*, *Hordeum murinum* et *K. scoparia* et celles des deux variétés de blé.

Le pouvoir inhibiteur des extraits de *N. oleander* est plus élevé que celui des extraits d'*A. altissima* en particulier sur le développement des plantules. Ils inhibent totalement la germination d'*H. incana*. L'effet de ces extraits sur la partie racinaire est élevé à la concentration de 1 % et leur effet sur les deux parties racinaire et aérienne est très élevé aux

concentrations 3 % et 5 %. Cette inhibition est obtenue même dans les cas où la germination n'est pas affectée.

Un effet important des extraits d'*A. altissima* est obtenu aux différentes concentrations sur la germination et le développement de *C. draba*, *C. fuscatum*, *H. incana* et *V. hispanica*. Cependant, aucun de ces extraits à inhiber la germination à 100 % des espèces adventices et des variétés de blé. A la concentration de 3 %, *A. altissima* inhibe le développement des plantules de la majorité des adventices, elle inhibe l'élongation des racines des variétés de blé et n'affecte pas leur partie aérienne. A la concentration de 5 % elle inhibe le développement des plantules de toutes les espèces testées.

Les effets allélopathiques positifs des trois espèces se manifestent uniquement sur le développement des plantules et en particulier sur le développement de la partie aérienne. Tous les extraits d'*A. altissima* stimulent la partie aérienne de *S. marianum*. Ils stimulent également celle des deux variétés de blé à des concentrations de 1 % et 3 %. Cette espèce est stimulée aussi par l'extrait de *P. harmala* 1 %. L'extrait de *N. oleander* à 1 % stimule la partie aérienne de *V. sativa*.

Les résultats obtenus montrent aussi que, dans la majorité des cas, les espèces *C. draba*, *H. incana* sont les plus inhibées et les espèces *K. scoparia*, *B. madritensis* et *H. murinum* sont les moins inhibées. Les extraits d'*A. altissima* n'inhibent pas la germination et le développement du chardon-marie (*S. marianum*). Par contre, ils stimulent sa partie aérienne.

Les différences entre les effets des extraits des trois espèces allélopathiques peuvent être expliquées par les caractéristiques physicochimiques des substances allélochimiques spécifiques. L'ailonthonne de l'ailante, l'oleandrine du laurier rose et l'harmaline de la rue sauvage, sont des composés isolés et identifiés. La composition chimique des extraits étudiés doit être déterminée afin d'étudier séparément les effets des composés chimiques ayant des effets négatifs ou positifs. La connaissance de ces composés pourrait être utile pour le développement des bio-herbicides. Leurs impacts sur les agents pathogènes des plantes et les ravageurs devraient être étudiés davantage.

Les résultats de cette étude et d'autres études qui sont réalisées dans le même axe montrent que l'utilisation des extraits des plantes comme un herbicide pour le contrôle des mauvaises herbes apportera un grand succès dans le domaine agricole. Par ailleurs, Les effets allélopathiques positifs (stimulation) devraient également être étudiés afin d'exploiter ces

avantages dans la production des cultures. Cette étude a analysé les effets d'extraits de plantes sur la germination des adventices dans des conditions de laboratoire. D'autres études devraient être menées avec les mêmes plantes en pots et sur champs.

L'allélopathie à elle seule pourrait ne pas être une technologie parfaite de gestion des mauvaises herbes, car son efficacité est influencée par plusieurs facteurs, mais elle peut être un outil additionnel (Kim et shin, 2005). Cependant, une réduction marginale de l'utilisation d'herbicides au cours du temps sera un avantage économique significatif pour les agriculteurs et réduira aussi les impacts négatifs sur l'environnement.

# **ANNEXES**

## Annexe 1. Les espèces allélopathiques

### *a. Peganum harmala* L. (Familles Zygophyllaceae)

Plante vivace buissonneuse à tiges dressées (photo 1), très ramifiée, à feuilles linéaires découpées et à fleurs blanches à cinq pétales et à capsules sphérique. L'harmel est originaire du Moyen-Orient, d'Afrique du Nord et d'Europe du Sud. Il s'est acclimaté dans d'autres régions, telle l'Australie. C'est une espèce abondante dans les pâturages arides, les steppes et dans les montagnes. Elle pousse dans les sols salins des régions semi-désertiques.

Malgré sa réputation de plante euphorisante et prétendument aphrodisiaque, l'Harmel reste peu employé par la phytothérapie occidentale moderne car il présente des risques de toxicité (Anonyme, 2007 ; Lamchouri, 2002), toutes les parties de la plante ont des effets thérapeutiques (Singh et Jain, 2006).



**Photo 6.** La rue sauvage (*Peganum harmala* L.)

***b. Nerium oleander L.*** (Famille Apocynaceae)

Le laurier rose (photo 2) est un arbuste à feuilles lancéolées regroupées en trois dans un cornet, à pédicelle court, linéaire, vert foncé et luisantes. Les fleurs de *N. oleander* sont parfumée et d'une couleur rouge, rose ou blanche. Ces fruits possèdent 2 follicules linéaires soudés. Le defla pousse spontanément dans toute la région méditerranéenne. Elle pousse principalement près des cours d'eau (lits des Oueds), préférant les milieux humides et ensoleillés.

Toutes les parties de la plante du laurier-rose contiennent des glycosides et alcaloïdes extrêmement toxique (Barbosa et *al.*, 2008 ; Siddiqui et *al.*, 1995) qui peut causer la mort par paralysie du cœur Johnson et Franz (2002). Cette espèce est principalement utilisée comme plante ornementale. De nombreuses études ont montré ses propriétés médicinales, notamment en matière vétérinaire et pharmacologique (Ghoneum et *al.*, 2006 ; Erdemoglu et *al.*, 2003 ; Mostaqul Huq et *al.*, 1999).



**Photo 7.** Le laurier rose (*Nerium oleander L.*)

**c. *Ailanthus altissima* (Mill.) Swing.** (Famille Simaroubaceae)

L'ailante (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swing.) est un grand arbre connu comme l'arbre du ciel (photo 3). Il est originaire de l'Asie, il a été introduit dans de nombreux pays, et est désormais aussi commun dans toute l'Europe et l'Amérique. L'ailante représente une des espèces ligneuses de grande capacité de régénération (Zenkteler, 1996). Les plantes peuvent se régénérer vivre soit à partir de graines mûres ou de drageons (suckers). Cet arbre se reproduit abondamment (Heisey, 1999), il croît très rapidement atteignant 30 m de hauteur, même sur des sols pauvres et sablonneux, il peut survivre aussi dans les endroits enfumés.

Cette espèce pourrait être utilisée sur une échelle beaucoup plus large comme une matière expérimentale dans diverses études. Elle est utilisée dans la tradition chinoise comme un arôme amer et dans le traitement de quelques maladies. Quelques métabolites secondaires sont isolés des feuilles comme les cassinoïdes (Atta-ur-Rahman, 2006).



**Photo 8.** L'ailante (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swing.)

## Annexe 2. Les tableaux ANOVA des espèces adventices et des variétés de blé (selon le logiciel STATISTICA)

### A. Les espèces adventices :

**Tableau 14. ANOVA pour *Avena sterilis* L.**

Source de variation	ddl	Longueur de la racine (LR)				Longueur de la partie aérienne (LPA)				Pourcentage de germination (PG)			
		SC	CM	F	P	SC	CM	F	P	SC	CM	F	P
Concentration (C)	3	399,2736	133,0912	120,1565***	0,000000	156,5806	52,1935	123,3677***	0,000000	18822,9	6274,3	43,6473***	0,000000
Espèce allélopathique (E)	2	58,6567	29,3284	26,4780***	0,000000	23,6490	11,8245	27,9490***	0,000000	3150,0	1575,0	10,9565***	0,000192
interaction (C) × (E)	6	48,9468	8,1578	7,3650***	0,000034	21,0490	3,5082	8,2921***	0,000011	5783,3	963,9	6,7053***	0,000079
Erreur	36	39,8753	1,1076			15,2306	0,4231			5175,0	143,8		
Totale	47	546,7524				216,5092				32931,3			

**Tableau 15. ANOVA pour *Bromus madritensis* L.**

Source de variation	ddl	Longueur de la racine (LR)				Longueur de la partie aérienne (LPA)				Pourcentage de germination (PG)			
		SC	CM	F	P	SC	CM	F	P	SC	CM	F	P
Concentration (C)	3	343,5051	114,5017	2331,417***	0,000000	309,323	103,108	1542,40***	0,00	6108,3	2036,1	44,424***	0,000000
Espèce allélopathique (E)	2	7,9203	3,9601	80,634***	0,000000	29,129	14,564	217,87***	0,00	10016,7	5008,3	109,273***	0,000000
interaction (C) × (E)	6	8,2745	1,3791	28,080***	0,000000	36,413	6,069	90,78***	0,00	11016,7	1836,1	40,061***	0,000000
Erreur	36	1,7681	0,0491			2,407	0,067			1650,0	45,8		
Totale	47	361,4679				377,270				28791,7			

Tableau 16. ANOVA pour *Cardaria draba* (L.) Desv.

Source de variation	ddl	Longueur de la racine (LR)				Longueur de la partie aérienne (LPA)				Pourcentage de germination (PG)			
		SC	CM	F	P	SC	CM	F	P	SC	CM	F	P
Concentration (C)	3	127,3787	42,45956	281,5595***	0,000000	68,07124	22,69041	531,841***	0,000000	39641,7	13213,9	134,000***	0,000000
Espèce allélopathique (E)	2	0,5533	0,27665	1,8345NS	0,174303	0,26212	0,13106	3,072NS	0,058647	4316,7	2158,3	21,887***	0,000001
interaction (C) × (E)	6	2,3252	0,38753	2,5698*	0,035578	2,39713	0,39952	9,364***	0,000003	8083,3	1347,2	13,662***	0,000000
Erreur	36	5,4289	0,15080			1,53590	0,04266			3550,0	98,6		
Totale	47	135,6860				72,26639				55591,7			

Tableau 17. ANOVA pour *Chamaemelum fuscatum* (Brot.) Vesc.

Source de variation	ddl	Longueur de la racine (LR)				Longueur de la partie aérienne (LPA)				Pourcentage de germination (PG)			
		SC	CM	F	P	SC	CM	F	P	SC	CM	F	P
Concentration (C)	3	46,38054	15,46018	69,4224***	0,000000	29,91072	9,97024	63,3484***	0,000000	23589,58	7863,19	48,1830***	0,000000
Espèce allélopathique (E)	2	1,91371	0,95686	4,2967*	0,021212	6,44047	3,22023	20,4605***	0,000001	6579,17	3289,58	20,1574***	0,000001
interaction (C) × (E)	6	1,94447	0,32408	1,4552NS	0,221282	5,79123	0,96521	6,1327***	0,000168	7704,17	1284,03	7,8681***	0,000019
Erreur	36	8,01710	0,22270			5,66595	0,15739			5875,00	163,19		
Totale	47	58,25583				47,80837				43747,92			

Tableau 18. ANOVA pour *Hirschfeldia incana* Lagr. Foss.

Source de variation	ddl	Longueur de la racine (LR)				Longueur de la partie aérienne (LPA)				Pourcentage de germination (PG)			
		SC	CM	F	P	SC	CM	F	P	SC	CM	F	P
Concentration (C)	3	28,46421	9,48807	232,9005***	0,000000	30,78212	10,26071	249,4078***	0,000000	31366,67	10455,56	215,0857***	0,000000
Espèce allélopathique (E)	2	0,07037	0,03519	0,8637NS	0,430152	1,53665	0,76833	18,6757***	0,000003	1954,17	977,08	20,1000***	0,000001
interaction (C) × (E)	6	0,17690	0,02948	0,7237NS	0,633280	4,95558	0,82593	20,0760***	0,000000	6695,83	1115,97	22,9571***	0,000000
Erreur	36	1,46659	0,04074			1,48105	0,04114			1750,00	48,61		
Totale	47	30,17807				38,75540				41766,67			

Tableau 19. ANOVA pour *Hordeum murinum* L.

Source de variation	ddl	Longueur de la racine (LR)				Longueur de la partie aérienne (LPA)				Pourcentage de germination (PG)			
		SC	CM	F	P	SC	CM	F	P	SC	CM	F	P
Concentration (C)	3	600,283	200,094	264,062***	0,000000	252,291	84,097	127,722***	0,000000	9708,3	3236,1	89,62***	0,000000
Espèce allélopathique (E)	2	58,630	29,315	38,687***	0,000000	102,081	51,041	77,518***	0,000000	4054,2	2027,1	56,13***	0,000000
interaction (C) × (E)	6	42,613	7,102	9,373***	0,000003	84,038	14,006	21,272***	0,000000	6729,2	1121,5	31,06***	0,000000
Erreur	36	27,279	0,758			23,704	0,658			1300,0	36,1		
Totale	47	728,805				462,114				21791,7			

Tableau 20. ANOVA pour *Kochia scoparia* (L.) Schrad.

Source de variation	ddl	Longueur de la racine (LR)				Longueur de la partie aérienne (LPA)				Pourcentage de germination (PG)			
		SC	CM	F	P	SC	CM	F	P	SC	CM	F	P
Concentration (C)	3	71,48482	23,82827	2007,354***	0,000000	22,1657	7,3886	287,121***	0,000000	72,9	24,3	1,40NS	0,258610
Espèce allélopathique (E)	2	1,47876	0,73938	62,287***	0,000000	2,3723	1,1862	46,094***	0,000000	87,5	43,7	2,52NS	0,094561
interaction (C) × (E)	6	1,45065	0,24177	20,368***	0,000000	2,4109	0,4018	15,615***	0,000000	245,8	41,0	2,36NS	0,050311
Erreur	36	0,42734	0,01187			0,9264	0,0257			625,0	17,4		
Totale	47	74,84157				27,8754				1031,3			

Tableau 21. ANOVA pour *Medicago orbicularis* (L.) Bartal.

Source de variation	ddl	Longueur de la racine (LR)				Longueur de la partie aérienne (LPA)				Pourcentage de germination (PG)			
		SC	CM	F	P	SC	CM	F	P	SC	CM	F	P
Concentration (C)	3	129,1607	43,0536	608,310***	0,000000	65,3286	21,7762	327,444***	0,00	12741,7	4247,2	436,86***	0,00
Espèce allélopathique (E)	2	28,0420	14,0210	198,105***	0,000000	69,3881	34,6940	521,688***	0,00	28704,2	14352,1	1476,21***	0,00
interaction (C) × (E)	6	16,5314	2,7552	38,929***	0,000000	26,2435	4,3739	65,770***	0,00	23595,8	3932,6	404,50***	0,00
Erreur	36	2,5479	0,0708			2,3941	0,0665			350,0	9,7		
Totale	47	176,2820				163,3543				65391,7			

Tableau 22. ANOVA pour *Sylibum marianum* (L.) Gaertn.

Source de variation	ddl	Longueur de la racine (LR)				Longueur de la partie aérienne (LPA)				Pourcentage de germination (PG)			
		SC	CM	F	P	SC	CM	F	P	SC	CM	F	P
Concentration (C)	3	620,579	206,860	124,033***	0,000000	25,6577	8,5526	62,596***	0,000000	11789,6	3929,9	20,283*	0,000000
Espèce allélopathique (E)	2	425,440	212,720	127,547***	0,000000	26,8681	13,4340	98,323***	0,000000	1304,2	652,1	3,366***	0,045713
interaction (C) × (E)	6	234,989	39,165	23,483***	0,000000	39,1432	6,5239	47,748***	0,000000	13729,2	2288,2	11,810***	0,000000
Erreur	36	60,040	1,668			4,9187	0,1366			6975,0	193,8		
Totale	47	1341,048				96,5877				33797,9			

Tableau 23. ANOVA pour *Vaccaria hispanica* (mill) Rausch.

Source de variation	ddl	Longueur de la racine (LR)				Longueur de la partie aérienne (LPA)				Pourcentage de germination (PG)			
		SC	CM	F	P	SC	CM	F	P	SC	CM	F	P
Concentration (C)	3	267,9806	89,32686	792,0767***	0,000000	18,49382	6,164606	186,1316***	0,000000	20072,9	6691,0	82,350***	0,000000
Espèce allélopathique (E)	2	0,0379	0,01894	0,1679NS	0,846074	0,13393	0,066966	2,0219NS	0,147160	17487,5	8743,8	107,615***	0,000000
interaction (C) × (E)	6	0,1136	0,01894	0,1679NS	0,983734	0,10812	0,018020	0,5441NS	0,771127	15745,8	2624,3	32,299***	0,000000
Erreur	36	4,0599	0,11278			1,19231	0,033120			2925,0	81,3		
Totale	47	272,1920				19,92817				56231,3			

Tableau 24. ANOVA pour *Vicia sativa* L.

Source de variation	ddl	Longueur de la racine (LR)				Longueur de la partie aérienne (LPA)				Pourcentage de germination (PG)			
		SC	CM	F	P	SC	CM	F	P	SC	CM	F	P
Concentration (C)	3	102,9332	34,3111	40,1783***	0,000000	27,6566	9,2189	10,6857***	0,000036	7750,0	2583,3	21,136***	0,000000
Espèce allélopathique (E)	2	28,2118	14,1059	16,5180***	0,000008	53,2769	26,6385	30,8770***	0,000000	8404,2	4202,1	34,381***	0,000000
interaction (C) × (E)	6	14,3158	2,3860	2,7940*	0,024617	28,0429	4,6738	5,4175***	0,000449	7912,5	1318,8	10,790***	0,000001
Erreur	36	30,7429	0,8540			31,0583	0,8627			4400,0	122,2		
Totale	47	176,2037				140,0347				28466,7			

## B. Les variétés de blé

**Tableau 25. ANOVA pour Blé dur *Triticum durum* Desf. variété Bousselam**

Source de variation	ddl	Longueur de la racine (LR)				Longueur de la partie aérienne (LPA)				Pourcentage de germination (PG)			
		SC	CM	F	P	SC	CM	F	P	SC	CM	F	P
Concentration (C)	3	1219,978	406,659	785,007***	0,000000	223,593	74,531	182,679***	0,000000	75,0	25,0	0,86***	0,472110
Espèce allélopathique (E)	2	95,759	47,879	92,425NS	0,000000	26,626	13,313	32,631NS	0,000000	29,2	14,6	0,50NS	0,610680
interaction (C) × (E)	6	237,736	39,623	76,487***	0,000000	110,876	18,479	45,294***	0,000000	37,5	6,3	0,21***	0,969862
Erreur	36	18,649	0,518			14,688	0,408			1050,0	29,2		
Totale	47	1572,121				375,782				1191,7			

**Tableau 26. ANOVA pour Blé dur *Triticum durum* Desf. variété Waha**

Source de variation	ddl	Longueur de la racine (LR)				Longueur de la partie aérienne (LPA)				Pourcentage de germination (PG)			
		SC	CM	F	P	SC	CM	F	P	SC	CM	F	P
Concentration (C)	3	1488,157	496,052	608,799***	0,000000	200,874	66,958	84,217***	0,000000	172,9	57,6	2,24***	0,099928
Espèce allélopathique (E)	2	94,169	47,084	57,786NS	0,000000	28,601	14,300	17,986NS	0,000004	12,5	6,2	0,24NS	0,785359
interaction (C) × (E)	6	138,736	23,123	28,378***	0,000000	64,534	10,756	13,528***	0,000000	70,8	11,8	0,46***	0,833452
Erreur	36	29,333	0,815			28,622	0,795			925,0	25,7		
Totale	47	1750,394				322,631				1181,3			

# **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abdelgaleil, S. A. M. and F. Hashinaga. 2007. Allelopathic potential of two sesquiterpene lactones from *Magnolia grandiflora* L. *Biochemical Systematics and Ecology* 35(11):737-742.
- Aerts, R. J., W. Snoeijer, E. Van der Meijden and R. Verpoorte. 1991. Allelopathic inhibition of seed germination by *Cinchona alkaloids*. *Phytochemistry* 30(9):2947-2951.
- Ahn, J. K. and I. M. Chung. 2000. Allelopathy: Allelopathic potential of rice hulls on germination and seedling growth of barnyardgrass. *Agronomy Journal* 92:1162-1167.
- Aksoy, E. O. 2003. Canavarotu türlerinin (*Orobanchae* spp.) Çukurova Bölgesi'ndeki önemi ve mücadele olanakları üzerine araştırmalar. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi (in Turk with English summary), Adana. 158 s.
- Anjum, T., P. Stevenson, D. Hall and R. Bajwa. 2005. Allelopathic potential of sunflower (*Helianthus annuus* L.) as natural herbicide. 4<sup>th</sup> World Congress on Allelopathy, 21-26 August 2005, Charles Sturt University, Wagga Wagga, NSW, Australia. Available at [http://www.regional.org.au/au/allelopathy/2005/2/7/2252\\_anjum.htm](http://www.regional.org.au/au/allelopathy/2005/2/7/2252_anjum.htm) [05/07/2009].
- Anonyme. 1976. les mauvaises herbes des céréales d'hiver en Algérie. Edition de l'institut du développement des grandes cultures, Alger. 152 p.
- Anonyme. 2007. Larousse encyclopédie des plantes médicinales : Identification, préparation, soins. Larousse, Paris. pp. 244-245.
- Arslan, M., I. Uremis and A. Uludag. 2005. Determining bio-herbicidal potential of rapeseed, radish and turnip extracts on germination inhibition of cutleaf ground-cherry (*Physalis angulata* L.) seeds. *Journal of Agronomy* 4:134-137.
- Asad, S. and R. Bajwa. 2005. Allelopathic effects of *Senna occidentalis* L. on *Parthenium* weed. 6<sup>th</sup> National Weed Science Conference, 28-30 March 2005, NWFP Agricultural Universtiy, Peshawar. p. 16
- Atta-ur-Rahman. 2006. Studies in natural products chemistry, vol. 33, Bioactive natural products (Part M). Elsevier, Amsterdam. p. 442.
- Bais, H. P., T. S. Walker, F. R. Stermitz, R. A. Hufbauer and J. M. Vivanco. 2002. Enantiomeric-Dependent Phytotoxic and Antimicrobial Activity of (±)-Catechin: A Rhizosecreted Racemic Mixture from Spotted Knapweed. *Plant Physiology* 128:1173-1179.

- Ballaré, C.L., P. W. Barnes and S. D. Flint. 1995. Inhibition of hypocotyls elongation by ultraviolet-B radiation in de-etiolating tomato seedlings, I. the photoreceptor. *Physiology Plante* 93:584-592.
- Barbosa, R.R., J.D. Fontenele-Neto and B. Soto-Blanco. 2008. Toxicity in goats caused by oleander (*Nerium oleander*). *Research in Veterinary Science* 85(2): 279-281.
- Batish, D. R., H. P. Singh, R. K. Kohli, D. B. Saxena and S. Kaur. 2002. Allelopathic effects of parthenin against two weedy species, *Avena fatua* and *Bidens pilosa*. *Environmental and experimental botany* 47(2):149-155.
- Batlang, U. and D. D. Shushu. 2007. Allelopathic activity of sunflower (*Helianthus annuus* L.) on growth and nodulation of bambara groundnut (*Vigna subterranean* (L.) Verdc.). *Journal of agronomy* 6(4): 541-547.
- Bend All, G. M. 1975. The allelopathic activity of Californian thistle (*Cirsium arvense* (L.) Scop.) in Tasmania. *Weed Research* 15(2):77-81.
- Benmeddour, T. et Fenni M. 2008. Biologie et écologie de Ganida (*Kochia scoparia* (L.) Schrad) : plante envahissante du périmètre de l'Outaya, Biskra. Colloque international sur l'aridoculture : optimisation des productions agricoles et développement durable, centre de recherche scientifique et technique sur les régions arides (CRSTRA), 13-14 Décembre 2008, Biskra, Algérie.
- Blum, U., S. R. Shafer and M. E. Lehman. 1999. Evidence for inhibitory allelopathic interactions involving phenolic acids in field soils: concepts vs. an experimental model. *Critical Reviews in Plant Sciences* 18:673-693.
- Bond, W. and A. C. Grundy. 2001. Non-chemical weed management in organic farming systems. *Weed Research* 41:383-405.
- Boullard, B. 1997. Plantes et champignons: dictionnaire. 2<sup>ème</sup> édition. Estem, Paris. p. 24.
- Bounias, M. 1999. Traité de toxicologie générale : du niveau moléculaire à l'échelle planétaire. Springer-verlag, France. pp. 648-649.
- Boydston, R.A. and A. Hang. 1995. Rapeseed (*Brassica napus*) green manure crop suppresses weeds in potato (*Solanum tuberosum*). *Weed Technology* 9:669-675.
- Bubel, N. 1988, The new seed-starters handbook. Rodale books, Emmaus. p. 85.
- Christensen, S. 1993. Weed suppression in cereal varieties. *Phylosophe Doctor Thesis*, Statens Planealsforsog, Denmark. 104 p.
- Chung, I. M., K. H. Kim, J. K. Ahn, S. B. Lee, S. H. Kim and S. J. Hahn. 2003. Allelopathy: Comparison of Allelopathic Potential of Rice Leaves, Straw and Hull Extracts on Barnyardgrass. *Agronomy Journal* 95:1063-1070.

- Corcuera, L. J. 1993. Biochemical basis for the resistance of barley to aphids. *Phytochemistry* 33:741-747.
- Czarnota, M. A., R. N. Pail, F. E. Dayan, C. I. Nimbai and L. A. Weston. 2001. Mode of action, localization of production, chemical nature and activity of sorgoleone: a patent PSII inhibitor in *Sorghum spp.* root exudates. *Weed Technology* 15:813-825.
- Delaveau, P. 2001. *Vademecum du vocabulaire de la santé*. Elsevier Masson, Paris. p. 17.
- Dhima, K. V., I. B. Vasilakoglou, I. G. Eleftherohorinos and A. S. Lithourgidis. 2006. Allelopathic potential of winter cereal cover crop mulches on grass weed suppression and sugarbeet development. *Crop Science* 46:1682-1691.
- Di Castri, F., A. J. Hansen and M. Debussche. 1990. *Biological invasions in Europe and the Mediterranean Basin*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 463 p.
- Dogan, A. 2004. Antep Turpu (*Raphanus sativus* L.)'nun Misir Bitkisine ve Yabanci Ot Turlerine Olan Allelopatik Etkisinin Arastirilmesi. Cukurova Universitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yuksek Lisans Tezi (in Turk with English summary). 83 pp.
- Dugravot, S., M. Magnin-Robert, N. Mondy, D. Macherel, J. Huignard, J. Auger et B. Lapiéd. 2003. Toxicité et mode d'action des substances allélochimiques des Alliums vis à vis des insectes urbains et des denrées stockées (Posters). XIVème Colloque de Physiologie de l'Insecte, Université de Picardie Jules Verne, 14-16 avril 2003, Amiens, France.
- Duke, S. O., B. E. Scheffler, F. E. Dayan, L. A. Weston and E. Ota. 2001. Strategies for using transgenes to produce allelopathic crops. *Weed Technology* 15:826-834.
- Duke, S. O., F. O. Dayan, A. M. Rimando, K. K. Schrader, G. Alitta, A. Oliva and J. G. Romagni. 2002. Chemicals from nature for weed management. *Weed Science* 50:138-151.
- Ebana, K., W. Yan, R. H. Dilday, H. Namai and K. Okuno. 2001. Variation in the Allelopathic Effect of Rice with Water Soluble Extracts. *Agronomy Journal* 93:12-16.
- Ejaz, A. K., M. A. Khan, H. K. Ahmad and F. U. Khan. 2004. Allelopathic effects of Eucalyptus leaf extract on germination and growth of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Pakistan Journal of Weed Science Research* 10:145-150.
- Erdemoglu, N., E. Küpeli and E. Yeşilada. 2003. Anti-inflammatory and antinociceptive activity assessment of plants used as remedy in Turkish folk medicine. *Journal of Ethnopharmacology* 89(1):123-129.
- Fenni, M. 2003. *Etudes des mauvaises herbes des céréales d'hiver des hautes plaines constantinoises : écologie, dynamique, phénologie et biologie des bromes*. Thèse de doctorat d'état, université Ferhat Abbas, Sétif, Algérie. 196 p.

- Frémy, J.-M. et P. Lassus. 2001. Toxines d'algues dans l'alimentation. Editions Quae, Paris. pp. 231-247.
- Friedman, J. 1995. Allelopathy, Autotoxicity, and germination. In Seed development and germination. CRC Press, Florida. pp. 629-643.
- Gallet, C. et F. Péliissier. 2002. Interactions allélopathiques en milieu forestier. Revue forestière française 54(6):567-576.
- Gama, A., D. Yann et F. Henri. 2006. Utilisation des herbicides en forêt et gestion durable, Guide pratique. Editions Quae, Paris. p. 17.
- Gasinovi, C. G., P. Ceccherelli, G. Grandolini and V. bellavita. 1964. On the structure of ailanthone. Tetrahedron Letters 52:3991.
- Gattás Hallak, A. M., L. C. Davide and I. F. Souza. 1999. Effects of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) root exudates on the cell cycle of the bean plant (*Phaseolus vulgaris* L.) root. Genetics and Molecular Biology 22:95-99.
- Ghoneum, M., H. Ozel and S. Gollapudi. 2006. Su.82. *Nerium Oleander* Leaf Extract (Noe-4) Sensitizes Human Burkett Cell Lymphoma (Raji) to Human Cytotoxicity Mediated By Natural Killer Cells. Clinical Immunology 119(1):S188.
- Gonzalez, V. M., J. Kazimir, C. Nimbal, L. A. Weston and G. M. Cheniae. 1997. Inhibition of a photosystem II electron transfer reaction by the natural product sorgoleone. Journal of Agricultural and food Chemistry 45:1415-1421.
- Hegab, M. M., S. E. A. Khodary, O. Hammouda and H. R. Ghareib. 2008. Autotoxicity of chard and its allelopathic potentiality on germination and some metabolic activities associated with growth of wheat seedlings. African Journal of Biotechnology 7(7):884-892.
- Heisey, R. M. 1999. Development of an Allelopathic Compound from Tree-of-Heaven (*Ailanthus altissima*) as a Natural Product Herbicid. In Biologically active natural products: agrochemicals. CRC Press, Florida. pp. 58-68.
- Heisey, R. M. 1997. Allelopathy and the secret lif of *Ailanthus altissima*. Arnoldia 57(3):28-36.
- Heisey<sup>a</sup>, R. M. 1990. Allelopathic and herbicidal effects of extracts from tree-of-heaven (*Ailanthus altissima*). American Journal of Botany 77:662-670.
- Heisey<sup>b</sup>, R. M. 1990. Evidence for allelopathy by tree-of-heaven (*Ailanthus altissima*). Journal of Chemical Ecology 16: 2039-2055.
- Hussain, S., S. U. Siddiqui, S. Khalid, A. Jamal, A. Qayyum and Z. Ahmad. 2007. Allelopathic Potential of Senna (*Cassia Angustifolia* vahl.) on Germination and Seedling Characters of Some Major Cereal Crops and Their Associated Grassy Weeds. Pakistan Journal of Botany 39(4):1145-1153.

- Inderjit and J. Weiner. 2001. Plant allelochemical interference or soil chemical ecology?, Perspectives in Plant Ecology. Evolution and Systematic 4(1):3-12.
- Inderjit and K. L. Keating. 1999. Allelopathy: Principles, procedures, processes and promises for biological control. Advances in Agronomy 67:141-231.
- Inderjit, 2006. Experimental complexities in evaluating the allelopathic activities in laboratory bioassays: a case study. Soil Biology and Biochemistry 38:256-262.
- Inderjit, and L. A. Weston. 2000. Are laboratory bioassays for allelopathy suitable for prediction of field response?. Journal of Chemical Ecology 26:2111-2118.
- Inderjit, C. L. Foy and K. M. M. Dakshini. 1999. Principles and Practices in Plant Ecology, Allelochemical Interactions. CRC Press, Florida. pp.3-14.
- Iskenderoglu, S. N. 1995. Bitki Eksraktlari ve Atiklarinin Yabanciot Turlerinin Gelismesine Olan Biyoherbisit Etkisinin Arastirilmesi. Cukurova Universitesi, Fen Bilimleri Enstitusu, Yuksek Lisans Tezi (in Turk with English summary). 121 p.
- Jamil, M., A. C. Zahid, M. N. Mushtaq, M. Farooq and A. C. Mumtaz. 2009. Alternative control of wild oat and canary grass in wheat fields by allelopathic plant water extracts. Agronomy for sustainable development 29(3):475-482.
- Johnson., C. B. and C. Franz, 2002, Breeding research on aromatic and medicinal plants. Haworth Press, New York. p. 122.
- Jordan, N. 1993. Prospects for weed control through crop interference. Ecological Applications 3:84-91.
- Kadioglu, I. and Y. Yanar. 2004. Allelopathic Effects of Plant Extracts Against Seed Germination of Some Weeds izzet. Asian Journal of Plant Sciences 3(4):472-475.
- Karaaltin, S., A. Erol, O.S. Uslu, A. Tufekci, S. Elci. 1999. Elci yoncasinin (*Medicago sativa* var. elci) kok, govde, yaprak, cicek ve tohumundan elde edilen ekstraktelerin bazi bitki tohumlarinin cimlenme ve fide gelismesi uzerine etkileri. Turkiye 3ncu Tarla Bitkileri Kongresi, 15-18 Kasım 1999, Adana, Turkiye (in Turk with English summary). pp. 195-200.
- Karaaltin, S., L. Idikut, O.S. Uslu, A. Erol. 2004. Zakkum bitkisinin kok, govde, yaprak ve tomurcuk ekstraktlerin fasulye ve bugday tohumlarinin cimlenme ve fide gelismesi uzerine etkileri (in Turk with English summary). KSU Fen ve Mühendislik Dergisi 7:111-115.
- Khanh, T. D., N. H. Hong, T. D. Xuan and I. M. Chung. 2005. Paddy weed control by medicinal and leguminous plants from Southeast Asia. Crop Protection 24:421-431.
- Kim, H. Y., H. Y. Shin, D. S. Sohn, I. J. Lee, K. U. Kim, S. C. Lee, H. J. Jeong and M. S. Cho. 2000. Enzyme activities and compounds related to self-defense in UV-challenged leaves of rice. Korean Journal of Crop Science 46(1):22-28.

- Kim, K.-U. et D.-H. Shin. 2005. L'importance de l'allélopathie dans la sélection de nouveaux cultivars. In Gestion des mauvaises herbes pour les pays en développement, Etude FAO production végétale et protection des plantes, Vol. 120. Addendum 1. Gestion des mauvaises herbes pour les pays en développement. Edition FAO, Rome. pp. 202-218.
- Kong, C. H., P. Wang, H. Zhao, X. H. XU and Y. D. Zhu. 2008. Impact of allelochemical exuded from allelopathic rice on soil microbial community. *Soil Biology and Biochemistry* 40(7):1862-1869.
- Kruse, M., M. Strandberg and B. Strandberg. 2000. Ecological Effects of Allelopathic Plants: a Review. NERI Technical Report No. 315. National Environmental Research Institute, Silkeborg, Denmark. 66 p.
- Kumar, L. and J. G. Varshney. 2008. Efficacy of sesame (*Sesamum indicum*) root exudates against major weeds of pulse crops. *Indian Journal of Agricultural Science* 78(10):842-847.
- Lamchouri, F., A. Settaf, Y. Cherrah, M. El Hamidi, N. Tligui, B. Lyoussi and M. Hassar. 2002. Experimental toxicity of *Peganum harmala* seeds. *Annales pharmaceutiques françaises* 60(2):123-129.
- Le Bourgeois, T. et H. Merlier. 1995. Adventrop : Les adventices d'Afrique soudano-sahélienne. Editions Quae, Paris. pp. 13-14.
- Leather, G. R. 1983. Sunflowers (*Helianthus annuus*) are allelopathic to weeds. *Weed Science* 31:37-42.
- Liu, L., D. C. Gitz and M. W. McClure. 1995. Effect of UV-B on flavonoids, ferulic acid, growth and photosynthesis in barley primary leaves. *Physiology Plante* 93:725-733.
- Lovett, J. V. and A. H. C. Houlst. 1995. Allelopathy and self-defense in barley. *American Chemical Society Symposium Series* 582:170-183.
- Lovett, J. V. 1991. Changing perceptions of allelopathy and biological-control. *Biological Agriculture and Horticulture* 8:89-100.
- Machado, S. 2007. Allelopathic potential of various plant species on downy brome implications for weed control in wheat production. *Agronomy journal* 99(1):127-132.
- Macharia, C. and E. B. Peffley. 1995. Suppression of *Amaranthus spinosus* and *Kochia scoparia* evidence of competition or allelopathy in *Allium fistulosum*. *Crop Production* 14(2):155-158.
- Macheix, J.-J., A. Fleuriet et C. Jay-Allemand. 2005. Les composés phénoliques des végétaux : Un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. PPUR, Lausanne. pp. 91-92.

- Macías, F. A., J. M. G. Molinillo, R. M. Varela and J. C. G. Galindo. 2007. Allelopathy – a natural alternative for weed control: a review. *Pest Management Science* 63:327-348.
- Mahin, L., A. Marzou and A. Huart. 1984. A case report of *Nerium oleander* poisoning in cattle. *Veterinary and Human Toxicology* 26:303-304.
- Malcolm, P. J., P. Holford, W. B. McGlasson and S. Newman. 2003. Temperature and seed weight affect the germination of peach rootstock seeds and the growth of rootstock seedlings. *Scientia Horticulturae* 98(3):247-256.
- Mason, H. E. and D. Spanner. 2006. Competitive ability of wheat in conventional and organic management systems: a review of the literature. *Canadian Journal of Plant Science* 86:333-343.
- McLaren, J. S. 1986. Biologically active natural substances from higher plants : status and future potential. *Pest Management Science* 17(5):559-578.
- Meazza, G., B. E. Scheffler, M. R. Tellez, A. M. Rimando, J. G. Romagni, S. O. Ducke, D. Nanayakkara, I. A. Khan, E. A. Abourashed and F. E. Dayan. 2002. The inhibitory activity of natural products on plant p-hydroxyphenylpyruvate dioxygenase. *Phytochemistry* 60:281-288.
- Media Cybernetics, Inc. 2004. Image-Pro Plus, version 5.1. [www.mediacy.com](http://www.mediacy.com).
- Mergen, F. 1959. A toxic principale in the leaves of *Ailanthus*. *Botanical Gazette* 121:32-36.
- Mersey, B. G., J. C. Hall, D. M. Anderson and C. J. Swanton. 1990. Factors affecting the herbicidal activity of glufosinate-ammonium : absorption, translocation and metabolism in barley and green foxtail. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 37(1):90-98.
- Mohamed, Z. A. 2002. Allelopathic activity of *Spirogyra* sp.: stimulating bloom formation and toxin production by *Oscillatoria agardhii* in some irrigation canals, Egypt. *Journal of plankton research* 24(2):137-141.
- Mostaqul Huq, M., A. Jabbar, M. A. Rashid and C. M. Hasan. 1999. A novel antibacterial and cardiac steroid from the roots of *Nerium oleander*. *Fitoterapia* 70(1):5-9.
- Müller-Schärer, H., P. C. Scheepens and M. P. Greaves. 2000. Biological control of weeds in European crops: recent achievements and future work. *Weed Research* 40:83-98.
- Nandal, D. P. S. and A. Dhillon. 2005. Allelopathic effects of poplar (*Populus deltoides* Bartr Ex Marsh): an assessment on the response of wheat varieties under laboratory and field conditions. 4<sup>th</sup> World Congress on Allelopathy, 21-26 August 2005, Charles Sturt University, Wagga Wagga, NSW, Australia. Available at [http://www.regional.org.au/au/allelopathy/2005/2/1/2449\\_nandal.htm](http://www.regional.org.au/au/allelopathy/2005/2/1/2449_nandal.htm) [10/08/2009].

- Narwal, S. S. 2000. Allelopathy in Ecological Agriculture. In Proceedings of the III International Congress on Allelopathy in Ecological Agriculture and Forestry, 18-21 August 1998, Dharwad, India. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. pp. 11-32.
- Niemeyer, H. M. 1988. Hydroxamic acids (4-hydroxy-1,4-benzoxazin-3-ones), defence chemicals in the Gramineae. *Phytochemistry* 27:3349-3358.
- Nimbal, C. I., C. N. Yerkes, L. A. Westo and S. C. Weller. 1996. Herbicidal activity and site of action of the natural product sorgoleone. *Pesticide Chemistry and Physiology* 54:73-270.
- Olofsson, M. 2001. Getting closer to breeding for competitive ability and the role of allelopathy – an example from rice. *Weed Technology* 15:798–806.
- Olofsson, M., L. B. Jensen and B. Curtois. 2002. Improving crop competitive ability using allelopathy – an example from rice. *Plant Breeding* 121:1-9.
- Ouattar, S. et T. E. Ameziane. 1989. Les céréales au Maroc : de la recherche à l'amélioration des techniques de production. Edition Toubkal, Casablanca. 123 p.
- Parry, G. 1982. Le cotonnier et ses produits. Maisonneuve et Larose, Paris. P.88.
- Paul, G. K., N. Matsumori, K. Konoki, M. Murata and K. Tachibana. 1997. Chemical structures of amphidinols 5 and 6 isolated from marine dinoflagellates *Amphidinium klebsii* and their cholesterol-dependent membrane disruption. *Marine Biotechnology* 5:124-128.
- Pellissier, F. 1993. Allelopathic inhibition of spruce germination. *Acta oecologica* 14(2): 211-218.
- Pousset, J. 2009. Agriculture naturelle : Face aux défis actuels et à venir, pourquoi et comment généraliser une pratique agricole "naturelle" productive. Agridécisions, Paris. p. 155.
- Putnam, A. R. and W. B. Duk. 1974. Biological suppression of weeds: Evidence for allelopathy in accessions of cucumber. *Science* 185:370-372.
- Qasem, J. R. 2001. Allelopathic Potential of White Top and Syrian Sage on Vegetable Crops. *Agronomy Journal* 93:64-71.
- Qasem, J.R. 2007. Chemical control of wild-oat (*Avena sterilis* L.) and other weeds in wheat (*Triticum durum* Desf.) in Jordan. *Crop Protection* 26(8):1315-1324.
- Radosevich, S. R., J. Holt and C. Ghersa. 1997. *Weed Ecology: Implications for Weed Management*. 2<sup>nd</sup> edition. John Wiley and Sons, New York. pp. 302-307.
- Raven, P. H., R. F. Evert, S. E. Eichhorn et J. Bouharmont. 2003. *Biologie végétale*. De Boeck Université, Paris. pp. 32-38.

- Rice, E. L. 1974. Allelopathy. Academic Press, New York. 352 p.
- Rice, E. L. 1984, Allelopathy. 2<sup>nd</sup> Edintion, Academic Press, New York. 422 p.
- Ricklefs, R. E. and G. L. Miller. 2005. Écologie. De Boeck Université, Bruxelles. p. 427.
- Sánchez-Moreiras, A. M., O. A. Weiss and M. J. Reigosa-Roger. 2004. Allelopathic evidence in the Poaceae. *The Botanical Review* 69:300–319.
- Sasikumar, K. C. Vijayalakshmi and K. T. Parthiban. 2001. Allelopathic Effects of Four Eucalyptus Species on Redgram (*Cajanus cajan* L.). *Journal of Tropical Agiculture* 39:134-138.
- Schütz, J.-P. 1990. Sylviculture : Principes d'éducation des forêts. PPUR, Lausanne. p. 127.
- Sharma, K. D., K. L. Sidana and N. R. Singhvi. 1982. Allelopathic effect of *Peganum harmala* Linn. On *Pennisetum Typhoideum* L. (Bajra). *Indian Journal of Botany* 5:115-119.
- Siddiqui, B. S., S. Begum, S. Siddiqui and W. Lichter. 1995. Two cytotoxic pentacyclic triterpenoids from *Nerium oleander*. *Phytochemistry* 39(1):171-174.
- Singh, H. P., D. R. Batish and R. K. Kohli. 2003. Allelopathic interactions and allelochemicals: New possibilities for sustainable weed management. *Critical Reviews in Plant Sciences* 22:239-311.
- Singh, V. and D. K. Jain. 2006. Taxonomy of Angiosperms. 2<sup>nd</sup> edition. Rastogi Publications, India. p. 228p.
- Sondhia, S. and N. K. Saxena. 2003. Allelopathic effect of *Xanthium strumarium* L. on some weeds. *Journal Geobios* 30(2-3):173-176.
- StatSoft, Inc. 2007. STATISTICA (data analysis software system), version 8.0. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).
- Suikkanen, S., J. Engström-Öst, J. Jokela, K. Sivonen and M. Viitasalo. 2006. Allelopathy of Baltic Sea cyanobacteria: no evidence for the role of nodularin. *Journal of Plankton Research* 28(6):543-550.
- Swain, T. 1977. Secondary compounds as protective agents. *Annual Review of Plant Physiology* 28:479-501.
- Sy, M., H. Margolis, D. Yue, R. Jobidon and L.-P. Vezina. 1994. Differential tolerance of coniferous species to the microbially produced herbicide bialaphos, II. Metabolic effects. *Canadian Journal of Forest Research* 24(11):2199-2207.
- Tanji, A. 2005. Adventices du blé et de l'orge au Maroc. Editions INRA Maroc, Rabat. 458p.

- Teasdale, J. R. 2005. Principes et pratiques d'utilisation des plantes de couverture dans un système de gestion des mauvaises herbes. In Etude FAO production végétale et protection des plantes, Vol. 120. Addendum 1. Gestion des mauvaises herbes pour les pays en développement. Edition FAO, Rome. pp. 175-185.
- Timbal, J. 1994. Le chêne rouge d'Amérique. Editions INRA France, Paris. p.143.
- Torres, A., R. M. Oliva, D. Castellano and P. Cross. 1996. Proceedings of First World Congress on Allelopathy. A Science of the Future. SAI, University of Cadiz, Cadiz, Spain. p. 278
- Turk, M. A. and A. M. Tawaha. 2003. Allelopathic effect of black mustard (*Brassica nigra* L.) on germination and growth of wild oat (*Avena fatua* L.). Crop protection 22(4):673-677.
- Uludag, A., I. Uremis, M. Arslan and D. Gozcu. 2006. Allelopathy studies in weed science in Turkey: a review. Journal of Plant Diseases and Protection XX:419-426.
- Upadhyaya, M. K. and R. E. Blackshaw. 2007. Non-chemical weed management: principles, concepts and technology. CABI Publishing, Wallingford, UK. p. 71.
- Uremis, I., M. Arslan and A. Uludag. 2005. Allelopathic effects of some brassica species on germination and growth of cutleaf ground-cherry (*Physalis angulata* L.) seeds. Journal of Biological Sciences 5:661-665.
- Uygur, F.N., F. Koseli and A. Cinar. 1990. Die allelopathische Wirkung von *Raphanus sativus* L. Journal of Plant Diseases and Protection XII:259-264.
- Vasilakoglou, I., K. Dhima and I. Eleftherohorinos. 2005. Allelopathic Potential of Bermudagrass and Johnsongrass and Their Interference with Cotton and Corn. Agronomy Journal 97:303-313.
- Voigt, G. K. and F. Mergen. 1962. Seasonal variation in toxicity of *Ailanthus* leaves to pine seedlings. Botanical Gazette 123:262-265.
- Warrier, P. K., V. P. K. Nambiar, C. Ramankutty and R. Vasudevan Nair. 1996. Indian medicinal plants: a compendium of 500 species. Vol. 4. Orient Longman, Hyderabad, India. p. 495.
- Weih, M., U. M. E. Didon, A.-C. Rönnberg-Wästljung and C. Björkman. 2008. Integrated agricultural research and crop breeding: Allelopathic weed control in cereals and long-term productivity in perennial biomass crops: a review. Agricultural Systems 97(3):99-107.
- Windust, A. J., J. L. C. Wright and J. L. McLachlan. 1996. The effects of the DSP toxins, okadaic acid and dinophysistoxin-1 on the growth of microalgae. Marine Biology 126:19-23.

- Wojcik, W., D. Wojtkowiak, B. Poltycka, M. Schneider and J. Perkowski. 1990. Phenolic substances as allelopathic agents arising during the degradation of rye (*Secale cereal*) tissues. *Plant and Soil* 124(1):143-147.
- Wu, H., H. Pratley, D. Lemerle and T. Haig. 1999. Crop cultivars with allelopathic capability. *Weed Research* 39:171-180.
- Wu, H., H. Pratley, D. Lemerle and T. Haig. 2000. Evaluation of seedling allelopathy in 453 wheat (*Triticum aestivum*) accessions by Equal-Compartment-Agar-Method. *Australian Journal of Agricultural Research* 51:937-944.
- Yang, S. X., R. Y. Chen, Z. L. Wu, Q. L. Zheng, Y. N. Shi, Z. Liu and C. X. Zhang. 1987. Study on active substance in common Peganum. *Plant Physiology Communications* 37(1):18-21.
- Zeng, R. S., A. U. Mallik and S. M. Luo. 2008. *Allelopathy in Sustainable Agriculture and Forestry*. Springer, New York. p. 43.
- Zeng, R. S., M. L. Shi, S. Y. Hong, S. M. Biao and T. C. Yong. 2001. Physiological and Biochemical Mechanism of Allelopathy of Secalonic Acid F on Higher Plants. *Agronomy journal* 93:72-79.
- Zenkter, M. and S. Stefaniak. 1996. *Ailanthus altissima* Mill. Swingle (Tree of Heaven). In *Biotechnology in Agricultural and Forestry*, Vol. 35. Trees IV. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 1996. pp. 18-28.